ISSN 2079-7958 (Print)
ISSN 2306-1774 (Online)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
‹‹ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ››

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 (47)

ВИТЕБСК 2024

ISSN 2079-7958 (Print)
ISSN 2306-1774 (Online)

MINISTRY OF EDUCATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS
EDUCATIONAL INSTITUTION
"VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY"

BULLETIN

OF VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

№ 1 (47)

VITEBSK 2024

УДК 67/68
ББК 37.2
В 38

Вестник Витебского государственного технологического университета. № 1 (47). УО ‹‹ВГТУ››

Редакционная коллегия:

Главный редактор – Кузнецов Андрей Александрович, д-р техн. наук, профессор
Заместитель главного редактора – Ванкевич Елена Васильевна, д-р экон. наук, профессор
Ответственный секретарь – Рыклин Дмитрий Борисович, д-р техн. наук, профессор

Члены редакционной коллегии

Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности

- Редактор – Буркин А.Н., д-р техн. наук, профессор (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Рубаник В.В., д-р техн. наук, профессор (ИТА НАН Беларуси)
- Абрамович Н.А., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Башметов В.С., д-р техн. наук, профессор (Республика Беларусь)
- Гусаров А.М., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Дунина Е.Б., канд. физ.-мат. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Казарновская Г.В., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Киосев Й., д-р техн. наук, профессор (Дрезденский технический университет, Германия)
- Кирсанова Е.А., д-р техн. наук, профессор (РГУ им. А.Н. Косыгина, Российская Федерация)
- Коган А.Г., д-р техн. наук, профессор (Республика Беларусь)
- Корнилова Н.Л., д-р техн. наук, доцент (ИвГПУ, Российская Федерация)
- Милашиус Р., д-р техн. наук, профессор (Каунасский технологический университет, Литва)
- Ольшанский В.И., канд. техн. наук, профессор (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Панкевич Д.К., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Разумеев К.Э., д-р техн. наук, профессор (РГУ им. А.Н. Косыгина, Российская Федерация)
- Садовский В.В., д-р техн. наук, профессор (БГЭУ, Республика Беларусь)
- Ташпулатов С.Ш., д-р техн. наук, профессор (Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)
- Шустов Ю.С., д-р техн. наук, профессор (РГУ им. А.Н. Косыгина, Российская Федерация)

Химическая технология

- Редактор – Ясинская Н.Н., д-р техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Дормешкин О.Б., д-р техн. наук, профессор (БГТУ, Республика Беларусь)
- Дутчик В., научный сотрудник (Институт по исследованию полимеров, Германия)
- Корниенко А.А., д-р физ.-мат. наук, профессор (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Скобова Н.В., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Стёпин С.Г., канд. хим. наук, доцент (ВГМУ, Республика Беларусь)
- Труханов А.В., д-р физ.-мат. наук, доцент (ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», Республика Беларусь)
- Шут В.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Щербина Л.А., канд. техн. наук, доцент (БГУТ, Республика Беларусь)

Экономика

- Редактор – Яшева Г.А., д-р экон. наук, профессор (Республика Беларусь)
- Касаева Т.В., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Богдан Н.И., д-р экон. наук, профессор (БГЭУ, Республика Беларусь)
- Быков А.А., д-р экон. наук, профессор (БГЭУ, Республика Беларусь)
- Варшавская Е.Я., д-р экон. наук, профессор (НИУ «Высшая школа экономики», Российская Федерация)
- Зайцева О.В., канд. экон. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Коробова Е.Н., канд. экон. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Меньшиков В.В., д-р социол. наук, профессор (Даугавпилсский университет, Латвия)
- Нехорошева Л.Н., д-р экон. наук, профессор (БГЭУ, Республика Беларусь)
- Плахин А.Е., д-р экон. наук, доцент (УрГЭУ, Российская Федерация)
- Советникова О.П., канд. экон. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Шматко А.Д., д-р экон. наук, профессор (Институт проблем региональной экономики Российской академии наук, Российская Федерация)

Журнал включен в перечень научных изданий Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, в информационно-аналитическую систему ‹‹Российский индекс научного цитирования››, наукометрические базы Google Scholar, Erich Plus, Ulrich's Periodicals Directory, Open Academic Journals Index (OAJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Index Copernicus International (ICI), China National Knowledge Infrastructure (CNKI), научную электронную библиотеку ‹‹КиберЛенинка››.
Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72, тел.: 8-0212-49-53-38.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

Web-сайт университета: http://vstu.by/

© УО ‹‹Витебский государственный технологический университет››, 2024

UDC 67/68
BBK 37.2
B 38

Bulletin of Vitebsk State Technological University. № 1 (47). EI "VSTU"

Editorial Board:

Editor-in-Chief Andrei A. Kuzniatsou, Dr. Sc. (Eng), Professor
Deputy Editor-in-Chief Alena V. Vankevich, Dr. Sc. (Econ), Professor
Executive secretary Dzmitry B. Ryklin, Dr. Sc. (Eng), Professor

Thematic Editors

Technology of Materials and Products of Textile Industry and Consumer Goods Industry

- Editor Alexander N. Burkin, Dr. Sc. (Eng), Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Vasili V. Rubanik, Dr. Sc. (Eng), Professor (Institute of Technical Acoustics of Belarus NAS)
- Natallia A. Abramovich, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Valery S. Bashmetau, Dr. Sc. (Eng), Professor (Republic of Belarus)
- Aliaksei M. Husarau, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Elena B. Dunina, Cand. Sc. (Phys.-Mat), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Galina V. Kazarnovskaya, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Yordan Kyosev, Dr. Sc. (Eng), Professor (Hochschule Niederrhein, Germany)
- Elena A. Kirsanova, Dr. Sc. (Eng), Professor (Russian State University named after A.N. Kosygin, Russian Federation)
- Aleksander G. Kogan, Dr. Sc. (Eng), Professor (Republic of Belarus)
- Nadezhda L. Kornilova, Dr. Sc. (Eng), Associate Professor (Ivanovo State Polytechnic University, Russian Federation)
- Rimvydas Milašius, Dr. Sc. (Eng), Professor (Kaunas University of Technology, Lithuania)
- Valery I. Alshanski, Cand. Sc. (Eng), Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Darya K. Pankevich, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Konstantin E. Razumeev, Dr. Sc. (Eng), Professor (Russian State University named after A.N. Kosygin, Russian Federation)
- Victor V. Sadovski, Dr. Sc. (Eng), Professor (BSEU, Republic of Belarus)
- Salikh S. Tashpulatov, Dr. Sc. (Eng), Professor (Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Uzbekistan)
- Yuriy S. Shustov, Dr. Sc. (Eng), Professor (Russian State University named after A.N. Kosygin, Russian Federation)

Chemical Engineering

- Editor Natallia N. Yasinskaya, Dr. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Oleg B. Dormeshkin, Dr. Sc. (Eng), Professor (BSTU, Republic of Belarus)
- Victoria Dutschk, Researcher (The Institute of Polymer Research, Dresden, Germany)
- Alexey A. Kornienko, Dr. Sc. (Phys.-Mat), Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Natallia V. Skobova, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Svjatoslav G. Stepin, Cand. Sc. (Chem), Associate Professor (VSMU, Republic of Belarus
- Alex V. Trukhanov, Dr. Sc. (Phys.-Mat), Associate Professor (State Scientific and Production Association "Scientific and Practical Materials Research Centre of the National Academy of Sciences of Belarus", Republic of Belarus)
- Victor N. Shut, Dr. Sc. (Phys.-Mat), Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Leonid A. Shcherbina, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (BSUFT, Republic of Belarus)

Economics

- Editor Galina A. Yasheva, Dr. Sc. (Econ), Professor (Republic of Belarus)
- Tamara V. Kasayeva, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Nina I. Bohdan, Dr. Sc. (Econ), Professor (BSEU, Republic of Belarus)
- Aliaksei A. Bykau, Dr. Sc. (Econ), Professor (BSEU, Republic of Belarus)
- Elena Ya. Varshavskaya, Dr. Sc. (Econ), Professor (National Research University "Higher School of Economics", Russian Federation)
- Olga V. Zaitseva, Cand. Sc. (Econ), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Alena N. Korabava, Cand. Sc. (Econ), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Vladimir V. Menshikov, Dr. Sc. (Soc), Professor (Daugavpils University, Latvia)
- Lyudmila N. Nekhorosheva, Dr. Sc. (Econ), Professor (BSEU, Republic of Belarus)
- Andrey E. Plakhin, Dr. Sc. (Econ), Associate Professor (Ural State Economic University, Russian Federation)
- Olga P. Sovetnikova, Cand. Sc. (Econ), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Alexey D. Shmatko, Dr. Sc. (Econ), Professor (Institute for Regional Economic Studies RAS, Russian Federation)

The journal is registered in the Belarus Higher Attestation Commission Catalogue of of scientific publications on results of dissertation research, and indexed in the National information Analysis System "Russian Science Citation Index", Google Scholar, Erich Plus, Ulrich's Periodicals Directory, Open Academic Journals Index (OAJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ) academic databases, Index Copernicus International (ICI), China National Knowledge Infrastructure (CNKI), the CyberLeninka scientific electronic library.
Republic of Belarus, Vitebsk, Moscovsky pr, 72, tel.: 8-0212-49-53-38.
Certificate of State Registration of the publisher, producer, and distributor of printed media No. 1/172 issued on February 12, 2014.
Certificate of State Registration of the publisher, producer, and distributor of printed media No. 3/1497 issued on February 30, 2017.

СОДЕРЖАНИЕ

Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности

Струк А.А., Медведев А.В., Разумеев К.Э.
Исследование зависимости плотности кремнеземных нетканых волокнистых материалов от величины удельной нагрузки 9

Казарновская Г.В., Милеева Е.С.
Методика перестроения рисунков рубчиковых переплетений для выработки тканей на ткацких станках со смешанной проборкой аркатных шнуров в кассейную доску 21

Игнатьев С.А., Ольшанский В.И.
Построение математической модели тепловлагопереноса в системе ‹‹человек – защитная одежда – внешняя среда›› 35

Белицкая О.А.
Моделирование электростатических полей вокруг человека в обуви и одежде с различной диэлектрической проницаемостью 44

Цобанова Н.В., Борозна В.Д., Буркин А.Н.
Термопластичные материалы для задников обуви 53

Химическая технология

Якубик М., Малтиг Б.
Применение золь-гель технологии для создания текстильных материалов с пониженным пропусканием ближнего инфракрасного света 64

Силибин М.В., Живулько В.Д., Радюш Ю.В., Латушко С.И., Желудкевич Д.В., Шут В.Н., Кузнецов А.А., Соколова А.С., Карпинский Д.В.
Твердые растворы $Bi_{0.65}Ba_{0.35-z}Sr_zFe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ с $0 \le z \le 0.35$: состав, структура, свойства 71

Скобова Н.В., Ясинская Н.Н., Горохова А.В.
Применение экстракта корня лапчатки Potentilla Erecta в технологии крашения текстильных материалов 82

Бужинская К.О., Борисова Т.М., Буркин А.Н.
Влияние увлажнения на изменение свойств обувных картонов на основе целлюлозы 93

Экономика

Зайцева О.В.
Платформенная занятость: сущность, тенденции развития и особенности оценки.....105

Калиновская И.Н.
Анализ тенденций цифровой трансформации управления человеческими ресурсами организаций Витебского региона 122

Прудникова Л.В., Жиганова Т.В.
Оценка инновационной деятельности организации с учетом цифровых трансформаций 141

Гринцевич Л.В., Булло Л.М.
Создание конкурентного преимущества продуктов за счет дизайнерских решений и защиты интеллектуальной собственности.....158

ПАМЯТКА АВТОРАМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА ‹‹ВЕСТНИК ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА›› 175

ОФОРМЛЕНИЕ ССЫЛОК НА ИСТОЧНИКИ И СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....178

CONTENTS

Technology of Materials and Products of Textile Industry and Consumer Goods Industry

Aleksandr A. Struk, Alexander V. Medvedev, Konstantin E. Razumeev
Investigation of density dependence of silica nonwoven materials on specific load value..... 9

Katsirina S. Mileeva, Galina V. Kazarnovskaya
The technique of reconfiguration the patterns of ribbed construction for the manufacturing of fabrics on weaving looms with a mixed harness ties of neck-cords into a comber board 21

Sergey A. Ignatyev, Valery I. Alshanski
Construction of a mathematical model of heat and moisture transfer in the system "person – protective clothing – external environment".....35

Olga A. Belitskaya
Modeling of electrostatic fields around a person wearing shoes and clothes with different dielectric constants.....44

Nadezhda V. Tsobanova, Vilia D. Borozna, Alexander N. Burkin
Thermoplastic materials for shoe counters.....53

Chemical Engineering

Melanie Jakubik, Boris Mahltig
A sol-gel approach for realization of textiles with reduced transmission for NIR light 64

Maxim V. Silibin, Vadim D. Zhivulko, Yuriy V. Radyush, Siarhei I. Latushka, Dmitry V. Zhaludkevich, Victor N. Shut,Andrei A. Kuzniatsou, Hanna S. Sokalava, Dmitry V. Karpinsky
Solid solutions $Bi_{0.65}Ba_{0.35-z}Sr_zFe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ with $0 \le z \le 0.35$: composition, structure, properties.....71

Natallia V. Skobova, Natallia N. Yasinskaya, Anastasia V. Gorohova
Application of centerlin root potentilla erecta extract in technology of dying of textile materials 82

Karina O. Buzhinskaya, Tatyana M. Borisova, Alexander N. Burkin
The effect of moisture on changing the properties of cellulose-based shoe cardboard.....93

Economics

Olga V. Zaitseva
Platform work: essence, trends, evaluation 105

Iryna N. Kalinouskaya
Analysis of trends in the digital transformation of human resource management of organizations in the Vitebsk region 122

Liudmila V. Prudnikava, Tatsiana V. Zhyhanava
Assessment of organization's innovation activity in view of digital transformations 141

Liubou V. Grintsevich, Lada M. Bullo
Creating a competitive advantage of products through design solutions and protection of intellectual property 158

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS OF JOURNAL "BULLETIN OF STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY" 175

PREPARATION OF LINKS TO SOURCES AND A LIST OF REFERENCES.....178

УДК 677.5.022 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-9-20

Исследование зависимости плотности кремнеземных нетканых волокнистых материалов от величины удельной нагрузки

А.А. Струк[1]
А.В. Медведев[1]
К.Э. Разумеев[2]

[1]*АО «НПО Стеклопластик», Российская Федерация*
[2]*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Российская Федерация*

Аннотация. В статье представлены результаты исследования зависимости плотности кремнеземных нетканых волокнистых материалов от величины удельной нагрузки. Нетканые волокнистые материалы в виде матов широко применяются в различных отраслях промышленности. Материалы для теплоизоляции металлургического и энергетического оборудования производятся в виде иглопробивных матов и иглопрошивных матов с облицовкой из термостойких тканей. Особое место среди волокнистых материалов занимают теплоизоляционные высокотемпературные кремнеземные материалы. Рассмотрены волокнистые маты их холстов механического и аэродинамического формирования. Материал волокнистых холстов – кремнеземные волокна КВ-11 диаметром 7,5 мкм длиной 60 мм. Из части холстов на иглопробивной машине выработаны иглопробивные маты. Холсты механического способа формирования имеют выраженное ориентированное положение волокон. В связи с этим для экспериментов были подготовлены образцы матов из холстов с продольной и продольно-поперечной ориентацией волокон. Образцы с продольно-поперечной ориентацией собирались в пакет через один слой.

Методика проведения эксперимента по исследованию зависимости изменения плотности кремнеземных нетканых волокнистых матов от удельной нагрузки заключалась в определении толщины образцов при нагружении образцов грузами. Иглопробивные маты имеют более стабильные параметры при сжимающих нагрузках, чем маты из холстов механического способа формирования. Однако низкая исходная плотность иглопробивных матов может привести к дополнительным затратам для достижения заданных значений плотности теплового экрана. Плотность тепловых экранов должна находиться в пределах 100–200 кг/м^3. Из имеющихся на рынке волокнистых материалов с указанными выше параметрами для теплового экрана выбраны иглопробивные маты Суперсилика плотностью от 120 до 170 кг/м^3.

Проведенные исследования показали, что коэффициент корреляции между удельной нагрузкой и изменением толщины в процентах от начальной толщины образцов выше для образцов из матов Суперсилика. В связи с этим использование иглопробивных матов Суперсилика в тепловых экранах с двухсторонней облицовкой из кремнеземной ткани более предпочтительно.

Ключевые слова: нетканые материалы, иглопробивные маты, иглопрошивные маты, удельная нагрузка, плотность нетканых материалов.

Информация о статье: поступила 15 июня 2023 года.

Статья подготовлена по материалам доклада Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI–2023)».

Investigation of density dependence of silica nonwoven materials on specific load value

Aleksandr A. Struk[1]
Alexander V. Medvedev[1]
Konstantin E. Razumeev[2]

[1]*JSC NPO Stecloplastik, Russian Federation*
[2]*Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art), Russian Federation*

Abstract. The article presents the results of the study investigating the dependence of the density of silica nonwoven fibrous materials on the value of specific load. Nonwoven fibrous materials, in the form of mats, are extensively used across various industries. Among fiber materials, heat-insulating high-temperature silica materials hold a special place. The fibrous canvases are composed of silica fibers (KV-11) with a diameter of 7.5 microns and a length of 60 mm. Needle-punched mats

are produced from a portion of these canvases using a needle-punching machine. Canvases produced by the mechanical method exhibit pronounced orientation of fibers. Consequently, samples of mats made from canvases with both longitudinal and longitudinal-transverse fiber orientations were prepared for experiments.
The aim of the work is to investigate the dependence of the change in density of silica nonwoven fiber mats on the specific load.
The experimental methodology was to determine the thickness of samples when loaded with weights.
Needle-punched mats exhibit more stable parameters under compressive loads compared to mats made from mechanically formed canvases. Low initial density of needle-punched mats can lead to additional costs to achieve the specified values of heat shield density. The density of heat shields should be range between 100–200 kg/m^3. From the available on the market fiber materials with the above parameters for the thermal screen needle-punching mats Supersilica with density ranging from 120 to 170 kg/m^3 were selected.
The conducted studies revealed that the correlation coefficient between specific load and thickness change, as a percentage of the initial thickness of the specimens, is higher for the specimens made from Supersilika mats. Therefore, the use of Supersilika needle-punched mats in thermal shields with double-sided silica fabric lining is more preferable.
Keywords: nonwovens, needle-punched mats, needle-stitched mats, specific load, density of nonwovens.
Article info: received June 15, 2023.
The article was prepared based on the report of the International Scientific and Technical Conference "International Conference on Textile and Apparel Innovation ICTAI–2023".

Нетканые волокнистые теплоизоляционные материалы (ТИМ) производятся в виде иглопробивных матов и иглопрошивных матов с облицовкой из термостойких тканей. Одним из основных параметров ТИМ является плотность. Исследованию влияния плотности на механические и теплофизичекие свойства волокнистых нетканых материалов посвящен ряд работ (Киселев, 2010; Леденева, Кирсанова, Севостьянов и Белгородский, 2023; Лисиенкова, Комарова и Проскуряков, 2021; Луговой, Бабашов и Карпов 2014; Маскайкин и Махров, 2021; Сергеенков и Захаров, 2006; Сергеенков и Захаров 2008; Chen Zhou, Zhijin Wang and Paul M. Weaver, 2017; Gumen et al., 2001; Maqsood et al., 2000; Ma, Pan, Li and Deng, 2023).

В работах (Киселев, 2010; Леденева, Кирсанова, Севостьянов и Белгородский, 2023; Лисиенкова, Комарова и Проскуряков, 2021; Луговой, Бабашов и Карпов, 2014; Сергеенков и Захаров, 2006; Сергеенков и Захаров, 2008; Ma, Pan, Li and Deng, 2023) рассмотрены процессы сжатия волокон в массе и построены диаграммы деформирования материала при деформации сжатия. При этом наблюдается существенная зависимость вида диаграммы от плотности деформируемого материала. В работе (Луговой, Бабашов и Карпов, 2014) показано, что при температуре 1000–1200 °С при установившемся тепловом потоке интенсивность нагрева «холодной» пластины выше для волокнистого материала с плотностью 100 кг/м^3, чем для материала с плотностью 200 кг/м^3. Для ТИМ еще одним из параметров является коэффициент теплопроводности. На основании зависимостей коэффициента теплопроводности от температуры и плотности материала сделан вывод, что менее плотные материалы в области температур ниже 1000–1200 °С имеют коэффициент теплопроводности более низкий, чем более плотные (Луговой, Бабашов и Карпов, 2014). В работах (Маскайкин и Махров, 2021; Chen Zhou, Zhijin Wang and Paul M. Weaver, 2017; Gumen et al., 2001, Maqsood et al., 2000) исследованы зависимости коэффициента теплопроводности от удельной нагрузки на волокнистый материал. Увеличение удельной нагрузки с 0,6 до 9,66 кПа приводит к увеличению коэффициента теплопроводности на 45 %.

Анализ публикаций показал, что волокнистые материалы под действием сжимающей нагрузки изменяют плотность и свои свойства в значительно большей степени, чем другие текстильные материалы.

Целью работы является исследование зависимости изменения плотности кремнеземных нетканых волокнистых матов от удельной нагрузки.

Нетканые волокнистые материалы представлены иглопрошивными и иглопробивными матами. Основой волокнистых матов является холст механического или аэродинамического способа формирования. В связи с этим объектами исследования зависимости плотности кремнеземных нетканых волокнистых матов от удель-

ной нагрузки являлись кремнеземные маты из холстов механического способа формирования, кремнеземные иглопробивные маты из холстов механического и аэродинамического способа формирования.

Холсты механического способа формирования выработаны на чесальной машине ЧМТ из кремнеземных штапельных волокон марки КВ-11(7,5) ТУ 5952-184-05786904-2004 производства АО «НПО Стеклопластик». Длина штапеля 60 мм, диаметр волокна 7,5 мкм. Поверхностная плотность холстов от 114 до 235 г/м^2. Заданная поверхностная плотность достигалась сгущением прочеса после съема виброгребнем со съемного барабана чесальной машины. На рисунке 1 представлены штапельное волокно (а) и холст механического способа формирования (б).

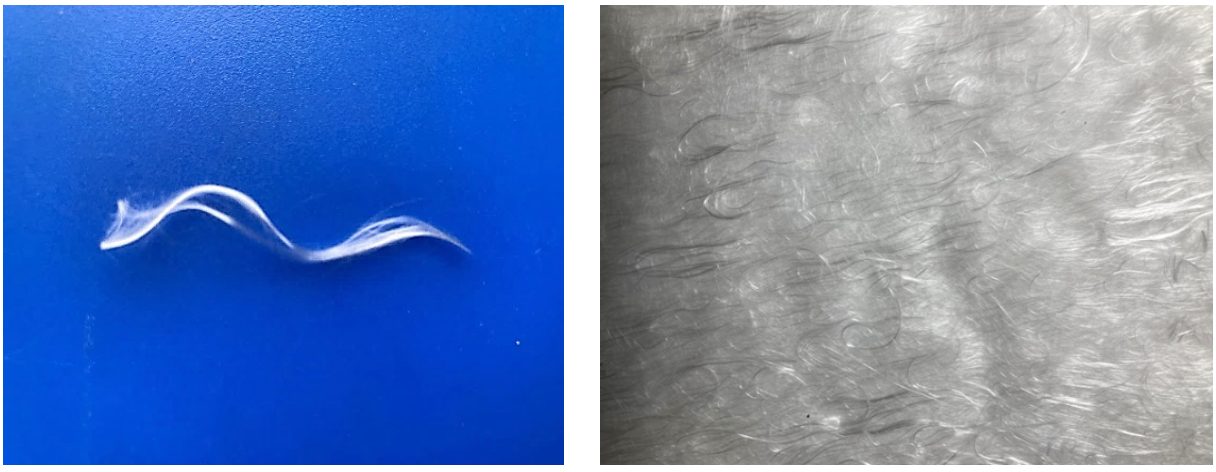
Выработанные холсты имеют выраженное ориентированное положение волокон. В связи с этим для экспериментов были подготовлены образцы матов из холстов с продольной и продольно-поперечной ориентацией волокон. Образцы с продольно-поперечной ориентацией собирались в пакет – через один слой. Из части холстов выработаны иглопробивные маты на иглопробивной машине в ООО «Ниагара».

Отбор и подготовку образцов матов для испытаний проводили в соответствии с ГОСТ 15902.2-2003 и ГОСТ 12203-2003. Испытания образцов проводили на экспериментальном стенде в условиях свободного сжатия образцов. Образцы для испытаний диаметром 56 мм вырезались пробойником. На рисунке 2 (а) представлена фотография образца иглопробивного мата, на рисунке 2 (б) представлено схематическое изображение экспериментального стенда (1 – образец; 2 – пластина, 3 – груз), на рисунке 2 (в) представлена схема измерения толщины образцов.

Толщина образцов измерялась перед началом испытаний штангенрейсмасом типа ШРЦ ГОСТ 164-84 с ценой деления, равной 0,05 мм в центре образца без приложения сжимающей нагрузки. Количество слоев в пакете, ориентация волокон и свойства матов из холстов механического способа формирования представлены в таблице 1.

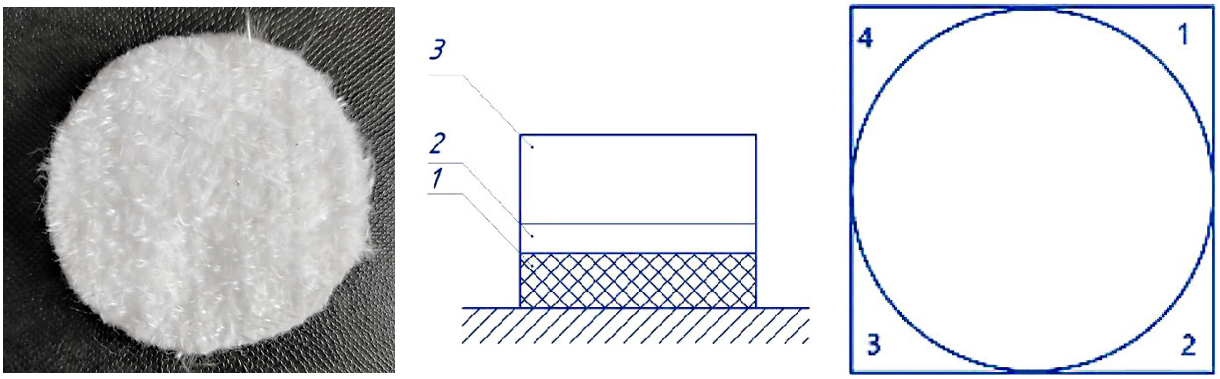
Количество слоев в пакете, ориентация волокон и свойства иглопробивного мата из холстов механического способа формирования представлены в таблице 2.

Методика проведения эксперимента по исследованию зависимости изменения плотности кремнеземных нетканых волокнистых матов от удельной нагрузки заключалась в определении толщины образцов при нагружении образцов грузами. Среднее значение толщины образцов получены по результатам измерений в четырех точках пластины (рисунок 2 в). Толщина, удельная нагрузка и плотность матов из холстов механическо-



а *б*

Рисунок 1 – Штапельное волокно (а) и холст механического способа формирования (б)
Figure 1 – Staple fiber (a) and mechanically formed canvas (b)



а *б* *в*

Рисунок 2 – Образец иглопробивного мата (а), схематическое изображение экспериментального стенда (б), схема измерения толщины образцов (в)
Figure 2 – Sample of needle-punched mat (a), schematic representation of experimental stand (b), scheme of sample thickness measurement (c)

Таблица 1 – Количество слоев в пакете, ориентация волокон и свойства матов из холстов механического способа формирования
Table 1 – Number of layers in the package, fiber orientation and properties of mats made of canvas by mechanical forming method

Номер образца	Ориентация волокон в образах	Количество слоев в пакете		Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м^2	Плотность, кг/м^3
		Продольных	Поперечных			
1	Продольная	3	нет	14,05	344,36	24,51
2	Продольно-поперечная	2	1	18,95	480,76	25,37

Таблица 2 – Количество слоев в пакете, ориентация волокон и свойства иглопробивного мата из холстов механического способа формирования
Table 2 – Number of layers in the package, fiber orientation and properties of needle-punched mat from mechanically formed canvases

Номер образца	Ориентация волокон в образах	Количество слоев в пакете		Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м^2	Плотность, кг/м^3
		Продольных	Поперечных			
3	Продольная	3	нет	32,1	757,95	23,61
4	Продольно-поперечная	2	1	30,25	736,46	24,34

го способа формирования представлены в таблице 3.

Толщина, удельная нагрузка и плотность иглопробивных матов из холстов механического способа формирования представлена в таблице 4.

Как можно видеть из данных, представленных в таблице 3 и таблице 4 иглопробивные маты имеют более стабильные параметры при сжимающих нагрузках, чем маты из холстов механического способа формирования. Однако низкая исходная плотность иглопробивных матов может привести к дополнительным затратам для достижения заданных значений плотности теплового экрана.

Теплоизолирующие материалы для теплоэнергетического оборудования наиболее эффективно могут применятся в виде иглопрошивных матов с облицовкой из термостойких тканей (тепловых экранов). Температура длительной эксплуатации тепловых экранов из кремнеземных материалов составляет 1000–1100 °С. В связи с этим тепловые экраны из иглопрошивных матов из кремнеземных волокон необходимо облицовывать кремнеземной тканью с прошивкой кремнеземной нитью. Как было показано выше плотность тепловых экранов должна находится в пределах 100–200 кг/м^3 (Луговой, Бабашов и Карпов, 2014). В зависимо-

Таблица 3 – Количество слоев в пакете, ориентация волокон и свойства иглопробивного мата из холстов механического способа формирования

Table 3 – Thickness, specific load and density of mats made of mechanically formed canvases

Удельная нагрузка, кПа	Толщина, мм		Плотность, кг/м^3	
	Номер образца		Номер образца	
	1	2	1	2
1,98	5,50	9,58	63,27	76,73
3,96	3,90	5,80	89,23	126,84
4,91	2,60	4,38	133,85	168,35
5,94	2,10	3,96	165,71	185,78
6,89	1,90	3,79	183,16	194,62
10,86	1,80	3,68	193,33	200,46
14,82	1,56	3,61	223,08	195,30

Таблица 4 – Толщина, удельная нагрузка и плотность иглопробивных матов из холстов механического способа формирования

Table 4 – Thickness, specific load and density of needle-punched mats made of mechanically formed canvases

Удельная нагрузка, кПа	Толщина, мм		Плотность, кг/м^3	
	Номер образца		Номер образца	
	3	4	3	4
1,98	17,11	16,7	44,30	44,09
3,96	10,64	9,5	71,24	77,51
4,91	6,95	6,85	109,06	107,49
5,94	6,04	5,44	125,49	135,35
6,89	5,65	5,1	134,15	144,38
10,86	4,75	4,59	159,57	160,42
14,82	4,35	4,13	174,24	178,29

сти от толщины теплового экрана, марки кремнеземной ткани, плотность теплового экрана будет определяться плотностью иглопробивных матов.

Рассмотрим тепловой экран из кремнеземного игопробивного мата Суперсилика с двухсторонней облицовкой из кремнеземной ткани марки КТ-11-ТО (ТУ 13.20.46-240-18087444-2018), прошитый кремнеземными нитями марки К11С6-180 (ТУ 23.14.11-241-18087444-2018), изготовленного по технологии производства вязально-прошивных полотен. Зависимость плотности теплового экрана от плотности иглопробивного мата представлена на рисунке 3. На рисунке 3: ряд 1 – толщина теплового экрана 10 мм, ряд 2 – толщина теплового экрана 15 мм, ряд 3 – толщина теплового экрана 20 мм.

Из имеющихся на рынке волокнистых материалов с указанными выше параметрами для теплового экрана выбраны иглопробивные маты Суперсилика производства ЗАО «РБЛ Силика» из кремнеземных штапельных волокон марки КВ-11(7,5) ТУ 5952-184-05786904-2004 (ООО «РБЛ Силика». [Электронный ресурс]). Маты изготовлены аэродинамическим способом формирования. Свойства иглопробивных матов Суперсилика представлены в таблице 5.

Отбор и подготовку образцов для испытаний проводили в соответствии с [5, 6]. Испытания проводили на экспериментальном стенде в условиях свободного сжатия образцов.

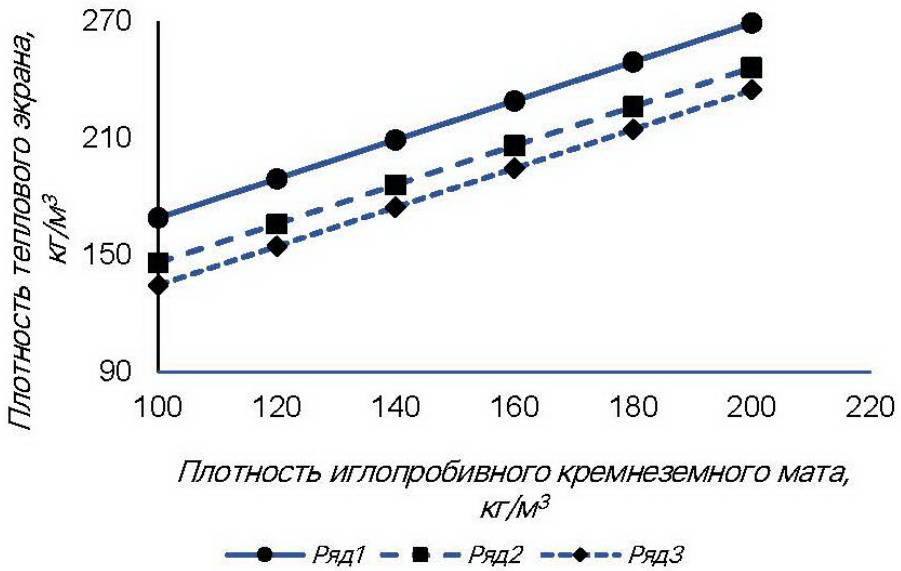


Рисунок 3 – Зависимость плотности теплового экрана от плотности иглопробивного мата
Figure 3 – Dependence of thermal shield density on needle-punch mat density

Таблица 5 – Свойства иглопробивных матов Суперсилика
Table 5 – Properties of needle-punched mats Supersilika

Наименование	Марка	Толщина, мм		Плотность, кг/м³	
		До испытаний	По НТД	До испытаний	По НТД
Иглопробивной мат Суперсилика	С 6	6,95	6	125,95	140
	С 10	11,25	10	106,47	150
	С 20	23,55	20	137,6	170

С целью получения образцов с одинаковой толщиной перед вырезанием пробойником собирался пакет из трех матов марки С6 (образец № 5), двух матов марки С10 (образец № 6) и одного мата марки С20 (образец № 7). Измерение толщины образцов выполнялось штангенрейсмасом типа ШРЦ. Толщина, удельная нагрузка и плотность иглопробивных матов Суперсилика представлены в таблице 6.

В таблице 7 представлены изменения толщины образцов от удельной нагрузки в процентах от начальной толщины образцов.

Представленные в таблице 7 данные показывают, что образцы № 5, № 6, № 7 из иглопробивного мата аэродинамического формирования имеют большую величину достоверности аппроксимации.

С целью определения степени связанности случайных величин определена функциональная зависимость между удельной нагрузкой и изменения толщины образцов в виде коэффициента корреляции $r(X; Y)$. Коэффициент корреляции представлен в таблице 8. При отрицательных коэффициентах корреляции между случайными величинами X и Y увеличение одного показателя удельной нагрузки влечет за собой уменьшение другого показателя толщины образцов.

Как уже говорилось выше, мат Суперсилика (рисунок 4 а) использован в качестве волокнистого наполнителя теплового экрана (рисунок 4 б).

В связи с этим возникает вопрос об изменении плотности теплового экрана от удельной нагрузки. Эксперимент проводили по методике, описанной выше. С целью

Таблица 6 – Толщина, удельная нагрузка и плотность иглопробивных матов Суперсилика
Table 6 – Thickness, specific load and density of needle-punched mats Supersilika

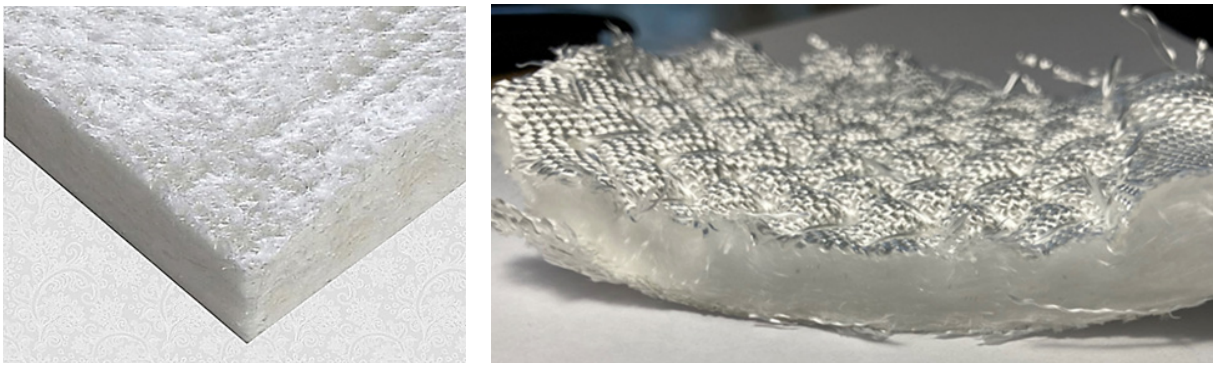
Удельная нагрузка, кПа	Толщина, мм			Плотность, кг/м^3		
	Номер образца			Номер образца		
	5	6	7	5	6	7
1,98	16,20	22,5	19,6	162,54	122,23	157,96
3,96	14,20	17,10	19,05	191,78	166,25	162,52
4,91	11,18	15,05	13,86	235,53	241,99	223,37
5,94	10,16	12,2	12,47	259,17	271,31	248,27
6,89	8,57	8,83	10,57	307,26	289,33	292,90
10,86	7,86	8,28	10,37	335,01	310,72	298,55
14,82	7,48	7,71	8,83	352,03	329,53	350,62

Таблица 7 – Изменение толщины от удельной нагрузки в процентах от начальной толщины образцов
Table 7 – Thickness variation with specific load as a percentage of the initial thickness of the specimens

Удельная нагрузка, кПа	Номер образца						
	1	2	3	4	5	6	7
1,98	50,96	45,91	53,76	56,56	41,29	53,51	74,27
3,96	33,31	23,80	36,7	35,17	37,17	42,09	57,49
4,91	26,76	19,47	24,23	22,98	30,12	38,31	51,85
5,94	26,33	18,26	22,54	19,97	27,82	34,71	48,20
6,89	25,09	17,47	21,55	18,68	26,47	32,80	44,88
10,86	22,95	16,89	19,71	15,70	26,47	30,58	42,29
14,82	22,06	16,25	19,43	14,38	25,34	29,67	41,38

Таблица 8 – Коэффициент корреляции между удельной нагрузки и изменением толщины в процентах от начальной толщины образцов
Table 8 – Correlation coefficient between specific load and thickness change as a percentage of the initial thickness of the specimens

Номер образца						
1	2	3	4	5	6	7
-0,7264	-0,6467	-0,7183	-0,7521	-0,7783	-0,82048	-0,80186



а *б*

Рисунок 4 – Волокнистый иглопробивной мат Суперсилика (а) и тепловой экран (б)
Figure 4 – Supersilica fibrous needle-punched mat (a) and heat shield (b)

обеспечения стабильности результатов измерения грузы устанавливались на цилиндр диаметром 56 мм.

На рисунке 5 представлена зависимость изменения толщины теплового экрана (ряд 1) и волокнистого мата Суперсилика марки С10 (ряд 2) от удельной нагрузки в процентах от исходной толщины.

На рисунке 6 представлена зависимость плотности теплового экрана (ряд 1) и волокнистого мата Суперсилика марки С10 (ряд 2) от удельной нагрузки.

Как можно видеть из данных, представленных на рисунке 5 и рисунке 6, зависимость изменения толщины теплового экрана и волокнистого мата от удельной нагрузки имеет схожий характер. В то время как плотность теплового экрана за счет массы облицовочной ткани изменяется значительно меньше. В разрабатываемом тепловом экране использована кремнеземная ткань с поверхностной плотностью 300 г/м^2, что близко к значениям линейной плотности зарубежных кварцевых тканей 254–290 г/м^2, используемых в тепловых экранах (JPS Composite Material. [Электронный ресурс]; Intelligent Materials Pvt. Ltd. [Электронный ресурс]).

Выводы

1. Исследовано изменение плотности кремнеземных матов из холстов механического способа формирования, иглопробивных матов из холстов механического способа формирования и иглопробивных матов аэродинамического способа формирования от удельной нагрузки.

2. Зависимость изменения плотности матов из холстов механического способа формирования от удельной нагрузки более значительная, чем иглопробивных матов из холстов механического способа формирования.

3. Коэффициент корреляции между удельной нагрузкой и изменением толщины в процентах от начальной толщины образцов выше для образцов из матов Суперсилика.

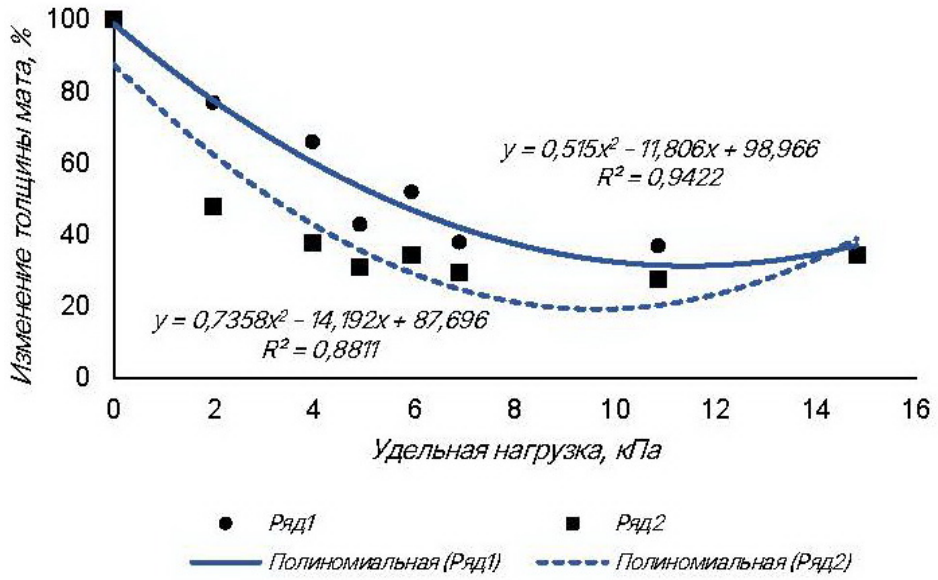


Рисунок 5 – Зависимость изменения толщины волокнистого теплового экрана и волокнистого мата Суперсилика от удельной нагрузки в процентах от исходной толщины мата
Figure 5 – Dependence of the change in thickness of the fiber heat shield and Supersilika fibrous mat on the specific load as a percentage of the initial mat thickness

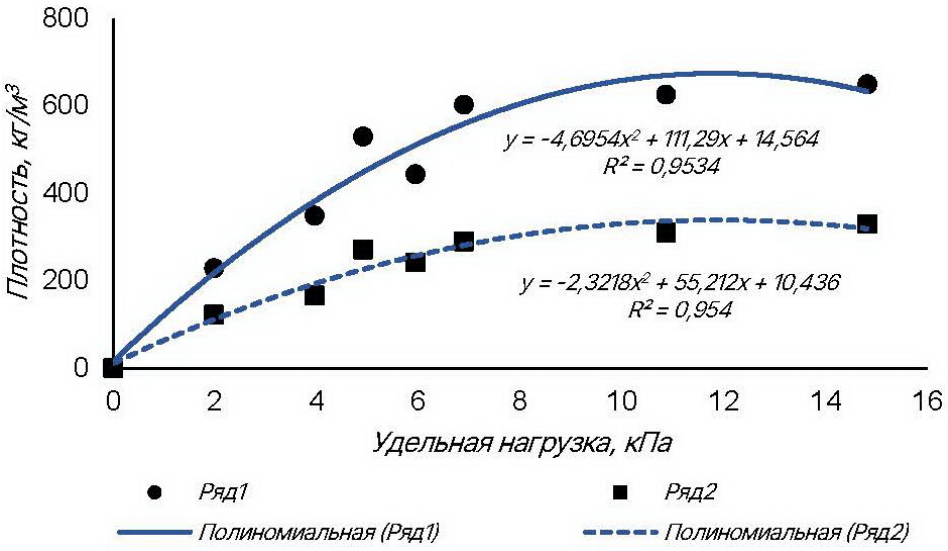


Рисунок 6 – Зависимость плотности теплового экрана и волокнистого мата Суперсилика от удельной нагрузки
Figure 6 – Dependence of the density of the heat shield and Supersilika fiber mat on the specific load

4. Исходя из проведенных исследований использование иглопробивных матов Суперсилика в тепловых экранах с двухсторонней облицовкой из кремнеземной ткани более предпочтительно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Киселев, А.М. (2010). Математическое моделирование процесса сжатия волокнистых материалов в массе, *Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности*, № 5, с. 14–17.

Леденева, И.Н., Кирсанова, Е.А., Севостьянов, П.А., Белгородский, В.С. (2023). Особенности диссипации энергии деформации в валяльно-войлочном материале. *Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности*, № 1, с. 84–90.

Лисиенкова, Л.Н., Комарова, Л.Ю., Проскуряков, Н.Е. (2021). Исследование деформации нетканых материалов в условиях циклического сжатия. *Известия ТулГУ. Технические науки*. Вып. 4. с. 31–38.

Луговой, А.А., Бабашов, В.Г., Карпов, Ю.В. (2014). Температуропроводность градиентного теплоизоляционного материала, *Труды ВИАМ: электронный научно-технический журнал*, № 2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/642.pdf – Дата доступа: 04.06.2023.

Маскайкин, В.А., Махров, В.П. (2021). Исследование теплопроводности многослойной теплоизоляционной обшивки летательных аппаратов в условиях полета. *Вестник Московского авиационного института*, Т. 28. № 4. С. 118-130.

ООО «РЛБ Силика». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://supersilika.ru/rlb-qsilikaq/prodam, дата обращения [04.06.2022].

Сергеенков, А.П., Захаров, А.А. (2006). Анализ степени сжатия наполнителя на деформационные свойства холстопрошивных полотен. *Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности*, № 6, с. 77–79.

Сергеенков, А.П., Захаров, А.А. (2008). Анализ степени сжатия наполнителя на деформационные свойства холстопрошивных полотен. *Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности*, № 3, с. 75–77.

Chen Zhou, Zhijin Wang and Paul M. Weaver. Thermal-Mechanical Optimization of Folded Core Sandwich Panels for Thermal Protection Systems of Space Vehicles. *International Journal of Aerospace Engineering*, Volume 2017 (online), access from https://doi.org/10.1155/2017/3030972.

Gumen V., Maqsood A. et al. (2001). Higt-Temperature Termal Conductivity of Ceramic Fibers, *Journal of Materials Engineering and Performance*, Volume 10(4), 475.

Intelligent Materials Pvt. Ltd. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nanoshel.com, дата обращения [04.06.2022].

JPS Composite Material. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://jpscm.com/products/astroquartz/, дата обращения [03.07.2023].

Maqsood Asghari, Gumen Vadim, et al. (2000), Thermal conductivity of ceramic fibres as a function of temperature and press load, *Journal of Physics D: Applied Physics*, Volume 33 (16), p. 2057–2063.

Q.H. Ma, R. Pan, J.P. Li and H.P. Deng (2022). Study on Dynamic Pressure Control of Air-Breathing Hypersonic Vehicle. *International Symposium on Advanced Launch Technologies (ISALT 2022). Journal of Physics*: Conference Series 2460 (2023) 012040 IOP Publishing doi: 10.1088/1742-6596/2460/1/012040.

REFERENCES

Kiselev, A.M. (2010). Mathematical modeling of the process of compression of fibrous materials in a mass [Matematicheskoe modelirovanie protcessa szhatiia voloknistykh materialov v masse], *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya*

Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, № 5, pp. 14–17 (In Russian).

Ledeneva, I.N., Kirsanova, E.A., Sevost'janov, P.A. and Belgorodskij, V.S. (2023). Features of deformation energy dissipation in felted felting material [Osobennosti dissipacii jenergii deformacii v valjal'no-vojlochnom material]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 1, pp. 84–90 (In Russian).

Lisienkova, L.N., Komarova, L.Ju. and Proskurjakov, N.E. (2021). Investigation of nonwoven materials deformation under cyclic compression conditions [Issledovanie deformacii netkanyh materialov v uslovijah ciklicheskogo szhatija]. *Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki = News of Tula State University. Technical science*. vol. 4, pp. 31–38 (In Russian).

Lugovoi, A.A., Babashov, V.G. and Karpov, Iu.V. (2014). Temperature conductivity of gradient thermal insulation material [Temperaturoprovodnost gradientnogo teploizoliatcionnogo materiala], *Trudy VIAM: elektronnyi nauchno-tekhnicheskii zhurnal = Proceedings of VIAM: electronic scientific and technical journa*l (online), № 2, available from [04.06.2023] (In Russian).

Maskajkin, V.A., Mahrov, V.P. (2021). Study of thermal conductivity of multilayer thermal insulating cladding of aircraft under flight conditions [Issledovanie teploprovodnosti mnogoslojnoj teploizoljacionnoj obshivki letatel'nyh apparatov v uslovijah poleta], *Vestnik Moskovskogo aviacionnogo instituta = Bulletin of the Moscow Aviation Institute*, vol. 28, № 4, pp. 118–130 (In Russian).

"OOO RLB Silika" (online) access from https://supersilika.ru/rlb-qsilikaq/prodam, available from [04.06.2022] (In Russian).

Sergeenkov, A.P. and Zaharov, A.A. (2006). Analysis of filler compression degree on deformation properties of canvas fabrics [Analiz stepeni szhatija napolnitelja na deformacionnye svojstva holstoproshivnyh poloten]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 6, pp. 77–79 (In Russian).

Sergeenkov, A.P. and Zaharov, A.A. (2008). Analysis of filler compression degree on deformation properties of canvas fabrics [Analiz stepeni szhatija napolnitelja na deformacionnye svojstva holstoproshivnyh poloten]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 3, pp. 75–77 (In Russian).

Chen Zhou, Zhijin Wang and Paul M. Weaver. Thermal-Mechanical Optimization of Folded Core Sandwich Panels for Thermal Protection Systems of Space Vehicles. *International Journal of Aerospace Engineering* (online), vol. 2017, access from https://doi.org/10.1155/2017/3030972 available from [04.06.2022]

Gumen, V., Maqsood, A. et al. (2001). Higt-Temperature Termal Conductivity of Ceramic Fibers, *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 10(4), p. 475.

Intelligent Materials Pvt. Ltd. (online), access from http://www.nanoshel.com available from [04.06.2022].

JPS Composite Material (online), access from https://jpscm.com/products/astroquartz/ available from [03.07.2023].

Maqsood Asghari, Gumen Vadim, et al. (2000). Thermal conductivity of ceramic fibres as a function of temperature and press load, *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 33(16), pp. 2057–2063.

Q.H. Ma, R. Pan, J.P. Li and H.P. Deng. Study on Dynamic Pressure Control of Air-Breathing Hypersonic Vehicle. *International Symposium on Advanced Launch Technologies (ISALT 2022) Journal of Physics*: Conference Series 2460 (2023) 012040 IOP Publishing doi: 10.1088/1742-6596/2460/1/012040.

Информация об авторах | Information about the authors

Струк Александр Александрович
Начальник производственного участка кремнезёмных материалов, АО «НПО Стеклопластик», Российская Федерация.
E-mail: oosterzon@yandex.ru

Aleksandr A. Struk
Head of the department of silica materials, JSC NPO Stecloplastik, Russian Federation.
E-mail: oosterzon@yandex.ru

Медведев Александр Викторович
Доктор технических наук, старший научный сотрудник, АО «НПО Стеклопластик», Российская Федерация.
E-mail: 24091955@mail.ru

Разумеев Константин Эдуардович
Доктор технических наук, профессор, советник ректора, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Российская Федерация.
E-mail: ker2210@yandex.ru

Alexander V. Medvedev
Doctor of Science (in Engineering), Senior Researcher, JSC NPO Stecloplastik, Russian Federation.
E-mail: 24091955@mail.ru

Konstantin E. Razumeev
Doctor of Science (in Engineering), Professor, Advisor to the Rector, Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art), Russian Federation.
E-mail: ker2210@yandex.ru

УДК 677.017.35 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-21-34

Методика перестроения рисунков рубчиковых переплетений для выработки тканей на ткацких станках со смешанной проборкой аркатных шнуров в кассейную доску

Г.В. Казарновская *Витебский государственный технологический университет,*
Е.С. Милеева *Республика Беларусь*

Аннотация. На РУПТП «Оршанский льнокомбинат» установлены ткацкие станки, имеющие различные варианты смешанных схем проборок аркатных шнуров в кассейную доску. Данные проборки предназначены для выработки скатертных тканей, спрос на которые в последние годы существенно снизился, поэтому это производственное оборудование вынужденно бездействовать, что снижает экономические показатели и конкурентоспособность предприятия.

Особенностью скатертных тканей и штучных изделий является наличие центральной части (середины или фона) и симметричного рисунка у кромок ткани (каймы). Для наработки данного ассортимента на РУПТП «Оршанский льнокомбинат» используются ткацкие станки имеющие различные варианты смешанных схем проборок аркатных шнуров в кассейную доску. Смешанные проборки состоят из рядовой (одно-, четырех- или пятичастной) в фоне и обратной одночастной в кайме. Однако, в силу сложности смешанных проборок данное оборудование не предназначено для выработки раппортных рисунков, используемых в костюмном ассортименте, так как приводит к сбою рисунка переплетения на стыке рядовой и обратной проборок.

Целью исследования является разработка методики проектирования и перестроения рубчиковых переплетений для выработки тканей на станках с жаккардовой машиной, имеющей смешанную проборку аркатных шнуров в кассейную доску.

В статье разработана методика проектирования костюмных тканей, выполненных рубчиковыми переплетениями на ткацких станках с жаккардовой машиной, схема заправки которой используется для изготовления штучных изделий с каймовым рисунком. Сущность методики заключается в перестроении базовых переплетений с целью получения вертикальной оси симметрии, что позволяет исключить сбой рисунка переплетения на стыке двух проборок и тем самым расширить ассортимент костюмных тканей, выпускаемых на РУПТП «Оршанский льнокомбинат». Методика сокращает простои оборудования и не требует дополнительных затрат на перепрограммирование жаккардовых машин при смене нарабатываемого ассортимента.

Ключевые слова: скатертное полотно, костюмная ткань, смешанная проборка, переплетение, перестроение рисунка, раппорт узора, аркатный шнур, жаккардовая машина.

Информация о статье: поступила 12 мая 2023 года.

Статья подготовлена по материалам доклада Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI–2023)».

The technique of reconfiguration the patterns of ribbed construction for the manufacturing of fabrics on weaving looms with a mixed harness ties of neck-cords into a comber board

Galina V. Kazarnovskaya *Vitebsk State Technological University,*
Katsirina S. Mileeva *Republic of Belarus*

Abstract. Weaving machines with various options of mixed harness ties of neck-cords into a comber board are installed at the Orsha Linen Industrial Complex. These harnesses are designed to produce tablecloth fabrics, the demand for which has significantly decreased in recent years. Consequently, this production equipment is forced to stand idle, leading to a decrease in economic performance and competitiveness of the enterprise.

Tablecloth fabrics and single product tablecloths feature a central part (center weave or plain weave ground) and a

symmetrical border pattern at the selvedge ("drop" or border of the tablecloth). For the manufacturing of this product range, the Orsha Linen Industrial Complex uses weaving machines with various variants of mixed harness ties of neck-cords into a comber board. Mixed harness ties consists of a straight harness tie (one-, four- or five-part) in the plain weave ground and center one-part harness ties in the border of the tablecloth. However, due to the complexity of the mixed harness ties, this equipment is not designed to produce the repeat of construction patterns used in the suiting cloth, as it leads to a failure of the interlacing pattern at the junction of the straight and center harness ties.

The aim of the study is to develop a methodology for designing and rebuilding ribbed weaves for the manufacturing of fabrics on weaving machines that have mixed harness ties of neck-cords into a comber board.

The article is devoted to the development of a technique for designing suiting cloths made with ribbed construction on jacquard weaving looms, the refueling scheme of which is used for the manufacture of products tablecloths with a border pattern. The essence of the technique is to reconfiguration the basic construction in order to obtain vertical symmetry. This makes it possible to eliminate the failure of the pattern's construction at the junction of two harness ties and create a greater variety of suiting cloth produced at the Orsha Linen Industrial Complex. The technique telescope into the forced inactivity of equipment and does not require additional costs for reprogramming jacquard machines when changing the product range.

Keywords: tablecloth fabric, suiting cloth, mixed harness ties, construction, reconfiguration pattern, pattern repeat, neck-cord, jacquard machine.

Article info: received May 12, 2023.

The article was prepared based on the report of the International Scientific and Technical Conference "International Conference on Textile and Apparel Innovation ICTAI–2023".

Введение

Необходимость перестроения переплетений под проборки, предназначенные для изготовления штучных изделий с каймовым рисунком в рамках РУПТП «Оршанский льнокомбинат», продиктована рядом причин, основными из которых являются: 1) снижение спроса на столовое белье из льна вследствие сокращения доли рынка в целом и высокой конкуренции со стороны более простых в уходе синтетических материалов с разнообразными видами пропиток (Нуруллина, 2019; Вишневская и др., 2018; Букина, Сергеева, 2012); 2) высокие затраты на перепрограммирование оборудования для производства тканей нового ассортимента (Милеева, Казарновская, 2021; Тувин, 2022).

Спад спроса на столовое белье из льняной ткани привел к снижению его производства на предприятии, и как следствие к не достаточной загруженности ткацких станков, простою оборудования, росту расходов на его амортизацию и снижению прибыли предприятия. Кроме того, потребитель отдает свое предпочтение в пользу искусственных и синтетических материалов для скатертей и салфеток по причине их более низкой стоимости, высокой стойкости к истиранию, формоустойчивости, способности драпироваться, легкости влажно-тепловой обработки и стирки, устойчивости окраски к различным химическим составам.

Однако, на фоне снижения потребительского спроса на ткани для столового белья, ниша производства тканей костюмного назначения выглядит более перспективной. Наметилась тенденция использования льняных тканей в производстве коллекций мировых брендов – производителей одежды («Top Fashion Trends of Linen Clothing for Women", 2023; «Linen Clothing Market Size In 2023 : Share, Trends, Opportunities Analysis Forecast Report By 2030», 2023). По прогнозам экспертов маркетинговых агентств объем производства костюмных тканей увеличится к 2025 году в среднем на 3,5 % («Мировой рынок льняных тканей. Маркетинговое исследование: тренды, анализ и прогноз – Влияние COVID-19», 2023; Квасникова, 2022). Льняные костюмные ткани представляют качественный сегмент мирового рынка текстиля с высоким ценовым уровнем и занимают на нем стабильную долю. Это связано с положительными гигиеническими свойствами льна, экологичностью и гипоаллергенностью льняной одежды, являющейся главным восходящим трендом модной индустрии, ростом интереса со стороны новых покупателей (Дуплинская, Ступина, Летунов 2023; Симбирева, Шматова, 2023).

Обзор тенденций моды выявил устойчивую актуальность тканей в полоску классических монохромных цветовых решений и различных оттенков близких к природным. Костюмы из ткани в полоску могут иметь самое

разное исполнение. Высокой популярностью пользуются классические изделия и более необычные варианты, предлагаемые современными модельерами (Лебедева, 2023; Конарева, Максимова, Бажовлонская, 2023; Агеева, 2023; Kondrashov, 2022). Использование в тканях рубчиковых переплетений позволяет создавать на поверхности ткани не только пестротканую цветную полосу, но и подчеркнуть ее объемным рельефом.

Рубчиковые переплетения относятся к комбинированным, базовыми для которых являются основные или уточные репсы и переплетения с короткими перекрытиями, использующиеся для закрепления длинных уточных настилов (Мартынова, Слостина, Власова 1999; Толубеева, 2005; Толубеева, 2012; Дзембак, 2008). Применение рубчиковых переплетений на базе уточных репсов в тканях костюмного назначения позволяет получить на поверхности фактурные эффекты в виде продольной полосы (Дониерова, Шамиев, Дониеров, 2021; Толубеева, 2006).

Целью исследования является разработка методики проектирования и перестроения рубчиковых переплетений для выработки тканей на станках с жаккардовой машиной, имеющей смешанную проборку аркатных шнуров в кассейную доску.

Объектом исследования является технология получения тканей костюмного назначения на жаккардовых станках со смешанной проборкой аркатных шнуров в кассейную доску.

Предметом исследования является методика, направленная на перестроение рисунков рубчиковых переплетений для исключения сбоев при выработке костюмных тканей на станках с жаккардовой машиной, имеющей смешанную проборку аркатных шнуров в кассейную доску.

Методы и средства исследований

Для установления возможности получения тканей костюмного назначения выдвинута гипотеза о том, что с использованием ткацких станков, имеющие смешанные проборки аркатных шнуров в кассейную доску, можно получить ткань с раппортным рисунком и достичь отсутствия сбоя рисунка и сбоя переплетения. Проверка данной гипотезы проведена теоретическими и эмпирическими методами, в результате реализации которых поставлены и решены следующие задачи:

– путем анализа ширины заправки ткацких станков фирмы Picanol с жаккардовой машиной фирмы Bonas установлена возможность наработки тканей костюмного назначения на имеющемся на предприятии оборудовании;

– посредством всестороннего рассмотрения схем проборок аркатных шнуров в кассейную доску и определения количества крючков в каждой из частей комбинированной проборки выявлены особенности смешанных схем проборки аркатных шнуров в кассейную доску, количество частей и количество крючков в каждой из них;

– с помощью сравнения и синтеза отмечены условия предотвращения сбоя рисунка переплетения на стыке рядовой и обратной частей смешанной схемы проборки аркатных шнуров в кассейную доску.

– методом обобщения свойств различных переплетений определены способы достижения симметрии рисунка переплетения;

– посредством индукции разработана методика перестроения рисунков переплетений, выявлена последовательность действий для устранения сбоя переплетения;

– экспериментальным путем доказана работоспособность данной методики.

Результаты исследований

В условиях предприятия жаккардовые ткацкие станки имеют ряд проборок, предназначенных для выработки штучных изделий, в частности рядовые и смешанные. Однако для выработки костюмного ассортимента подходят не все, что обусловлено, в первую очередь, шириной их заправки. Наиболее востребованными для швейных предприятий являются костюмные ткани шириной от 150 до 180 см, для получения которых могут быть использованы виды проборок, представленные на рисунке 1.

Из рисунка 1 а, б видно, что рядовые проборки различаются лишь количеством частей и числом крючков в каждой из них: в первом случае проборка двухчастная, общее число нитей основы в фоне ткани составляет 2560 нит., во-втором – проборка трехчастная, которая имеет 3240 нит. Смешанные проборки имеют не одинаковое количество крючков в кайме и фоне, но ткацкие станки с проборкой, представленные на рисунке 1 в, д, характеризуются одним и тем же числом нитей основы в заправке – 3320, а с проборкой на рисунке 1 г, е – 5110 нитей. Во всех смешанных проборках сочетаются обратная одночастная по краям ткани и рядовая одно- (рисунок 1 в, г), четырех- (рисунок д) и пятичастная (рисунок 1 е) в середине ткани, что является их основным различием. В скатертных тканях вторая половина обратной пробор-

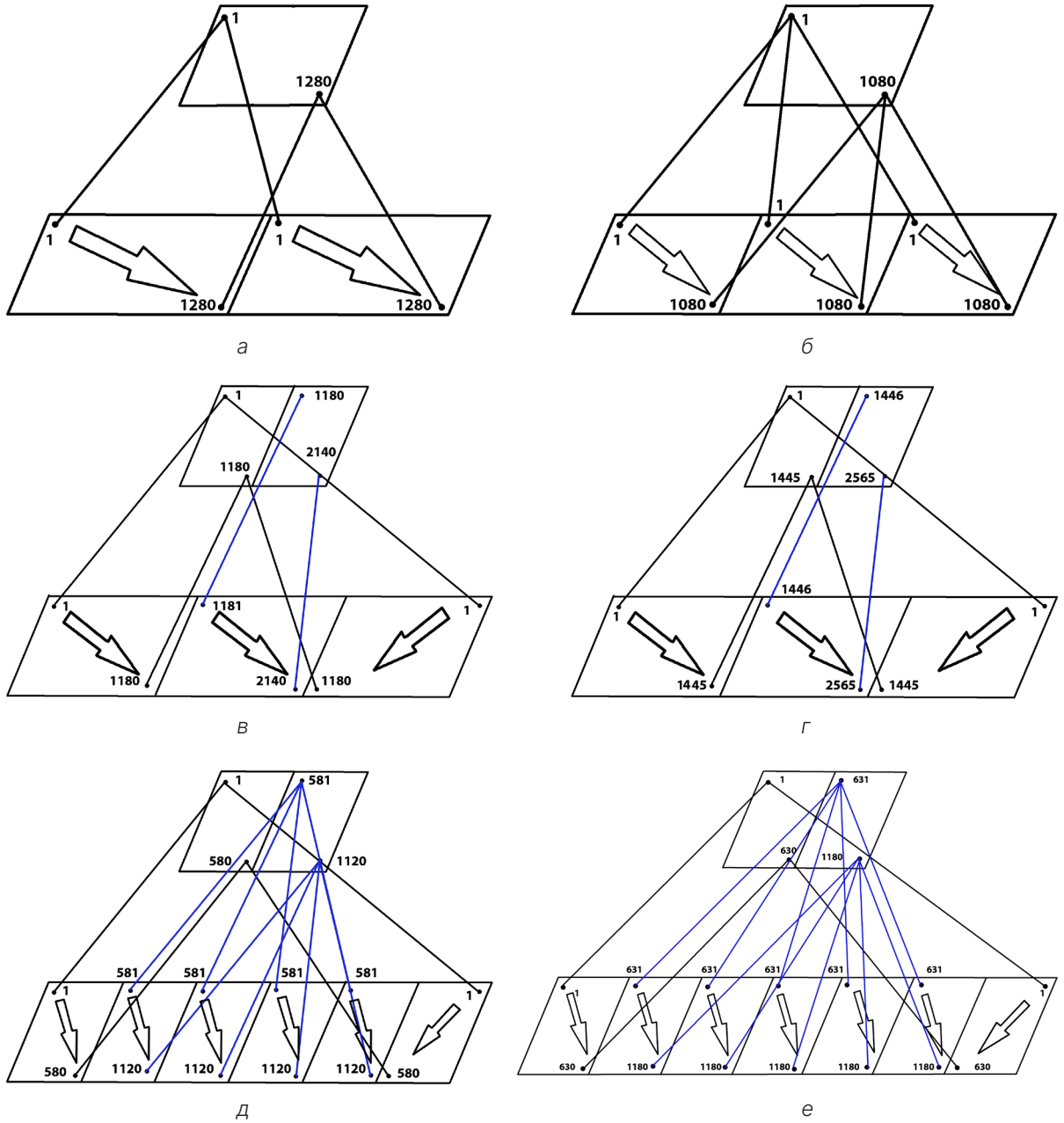


Рисунок 1 – Схемы проборок аркатных шнуров в кассейную доску: рядовые (а, б), смешанные (в, г, д, е)
Figure 1 – Diagrams of the harness ties of the neck-cords into the comber board: ordinary (a, b), mixed (c, d, e, f)

ки позволяет достичь симметричного рисунка в кайме скатерти за счет изменения в направлении пробранных нитей и как следствие изменение направления рисунка в ткани и рисунка переплетения. Общей особенностью всех смешанных проборок является наличие данного изменения направления проборки в правой части ткани, которое в тканях с раппортным рисунком приводят к отображению раппорта переплетения, то есть его сбою.

Наработка костюмных тканей с применением рубчиковых переплетений на ткацких станках, имеющих рядовую проборку аркатных шнуров в кассейную доску, не требует корректировки самого рисунка, в данном слу-

чае необходимым является только соблюдение условия кратности количества крючков в одной части раппорту узора по основе; в то время как использование смешанной проборки влечет за собой индивидуальный подход к процессу проектирования переплетений, заключающийся в обязательном наличии оси симметрии по основе.

В таблице 1 представлены результаты подсчета количества крючков в середине и кайме смешанных (комбинированных) проборок аркатных шнуров в кассейную доску.

Одинаково переплетающиеся нити правой и левой каймы управляются одним крючком жаккардовой машины, к которому подвешены два аркатных шнура, поэтому кратность каймы равна единице, а количество нитей в каждой из них равно количеству крючков умноженному на два (две стороны ткани).

Продиктованная проборкой необходимость симметрии рисунка обусловлена изменением в нем направления сдвига саржевых переплетений во второй половине обратной проборки при их использовании в качестве закрепляющих и в просновках. Поэтому на первом этапе требуется оценить переплетение в целом и определить место расположения нити основы, относительно которой возможно отобразить раппорт базового переплетения без его искажения либо с минимальными изменениями. Причем, при наличии более одной из таких нитей необходимо в качестве оси симметрии выбрать ту, в которой при зеркальном отображении переплетения не образуется длинный настил, в последующем, это приведет к отсутствию сбоя рисунка (длинного настила) на стыке рядовой и обратной.

На рисунке 2 а представлено базовое рубчиковое переплетение, в рисунке которого две нити основы (6 и 23) могут быть осями симметрии, что подтверждено фрагментами перестроенных переплетений рисунок 2 б, в.

Анализ фрагментов перестроенных участков базового переплетения, показал, что при равнозначной смене направлений закрепляющих переплетений, во втором случае произошло увеличение длинного настила до 12 нитей, что не допустимо для тканей костюмного назначения.

Так как наличие оси вертикальной симметрии является необходимым условием для наработки тканей сложных рубчиковых переплетений на ткацких станках, имеющих смешанную схему проборки аркатных шнуров в кассейную доску, для достижения симметрии разработаны следующие приемы:

а) увеличение или уменьшение раппорта базового переплетения (рисунок 3 а) на часть раппорта, не имеющую симметрии;

б) перемещение или изменение места расположения части раппорта (рисунок 3 б);

в) изменение знака сдвига в саржевых переплетениях, использующихся в качестве закрепляющих и (или) в просновках, без увеличения размеров раппорта базового переплетения (рисунок 3 в);

г) повторение полного базового раппорта с одновременным изменением направления диагоналей всех саржевых переплетений (рисунок 3 г).

Таким образом, приведенные способы проектирования рисунков рубчиковых переплетений позволяют достичь в них наличия нити основы, относительно которой возможно отобразить рисунок переплетения без его искажения. Приемы могут использоваться как по отдельности, так и в различных сочетаниях друг с другом.

Для предотвращения сбоя рисунка переплетения в центре (на стыках частей рядовых проборок) необходимо соблюсти условие кратности, в соответствии с которым переплетение целое число раз должно повторяться в одной части рядовой проборки, в противном случае

Таблица 1 – Количество крючков в середине и кайме смешанных проборок

Table 1 – Number of lifting wires in the center and border weave of mixed harness ties

Номера рисунков смешанных проборок	Количество крючков		Кратность	
	Кайма	Середина	Кайма	Середина
1в	1180	960	1	1
1г	1445	1120	1	1
1д	580	540	1	4
1е	630	550	1	5

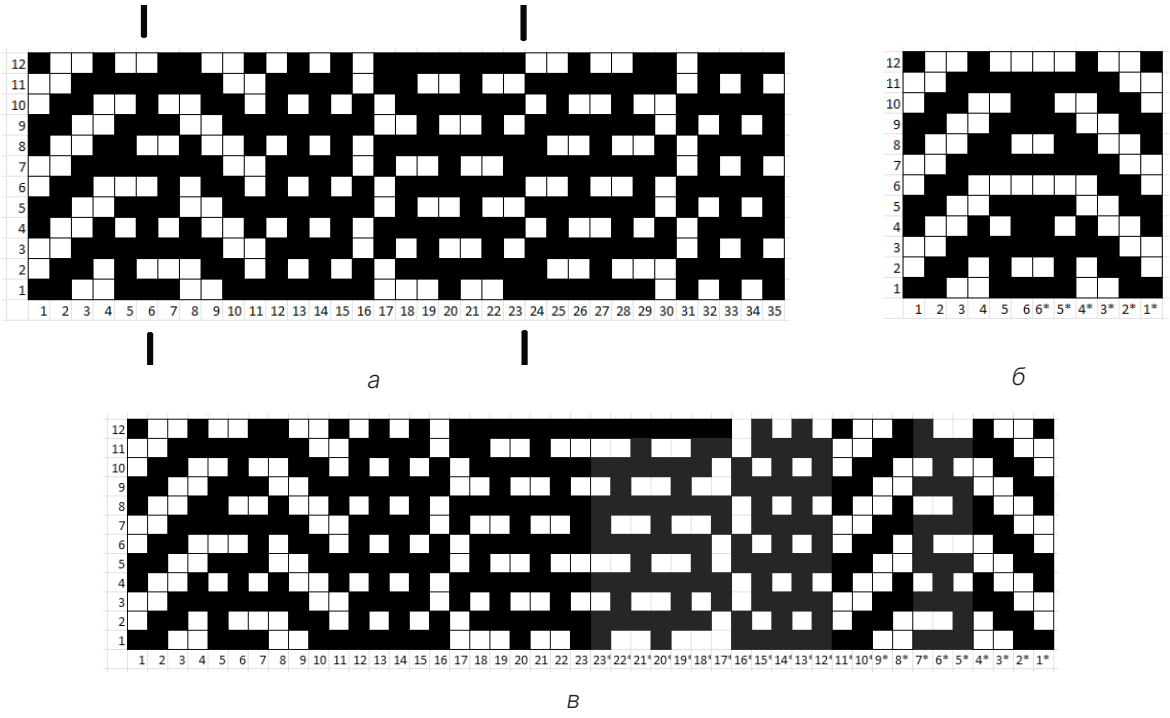


Рисунок 2 – Рисунки переплетений: базовое переплетение (а), фрагменты с осью симметрии относительно шестой (б) и двадцать третьей (в) нити основы
Figure 2 – Patterns of weaves: the basic construction (a), fragments with an axis of symmetry relative to the sixth (b) and twenty-third (c) threads of the warp

необходимо рассмотреть другие варианты схем проборок. Сопоставив размеры раппортов узоров (рисунок 3) с количеством крючков в средней части (таблица 1), установлено, что для перестроенного переплетения (рисунок 3 а) следует использовать вторую схему проборки (рисунок 1 г), 3 б – третью (рисунок 1 д), 3 в – первую (рисунок 1 в), 3 г – четвертую (рисунок 1 г).

На следующем этапе вносятся изменения в нумерацию нитей основы перестроенного переплетения с тем, чтобы нить, являющаяся осью симметрии, была последней в раппорте переплетения и располагалась в месте стыка рядовой и второй половины обратной проборок. На рисунке 4 показана измененная нумерация нитей основы для переплетения рисунок 3 а; аналогично для рисунка 3 б последней нитью в раппорте должна быть нить 13, для 3 в – 23, для 3 г – 26.

Далее необходимо рассчитать количество повторений рапорта спроектированного переплетения в кайме, в случае несоблюдения условия кратности, определяют разницу между количеством нитей, образующих кайму с одной из сторон ткани, и количеством нитей в целом числе раппортов переплетения в кайме:

$$n_{о.(ост.)} = n_{о.(кайма)} - aR_о , \quad (1)$$

где $n_{о.(ост.)}$ – разница между количеством крючков, образующих обратную часть проборки, и количеством нитей в целом числе раппортов переплетения в кайме, нит.; $n_{о.(кайма)}$ – число крючков, образующих кайму или обратную часть проборки, нит.; $R_о$ – раппорт перестроенного переплетения с измененной нумерацией нитей основы, нит; a – максимальное натуральное число, при котором: $n_{о.(ост.)} < R_о$, являющееся количеством повторений раппорта в кайме.

Оставшиеся нити располагают у кромок ткани и обозначают в сокращенном патроне цветом, отличным от цвета полного раппорта; первую нить раппорта переплетения, присваиваемую фрагменту у кромки, опреде-

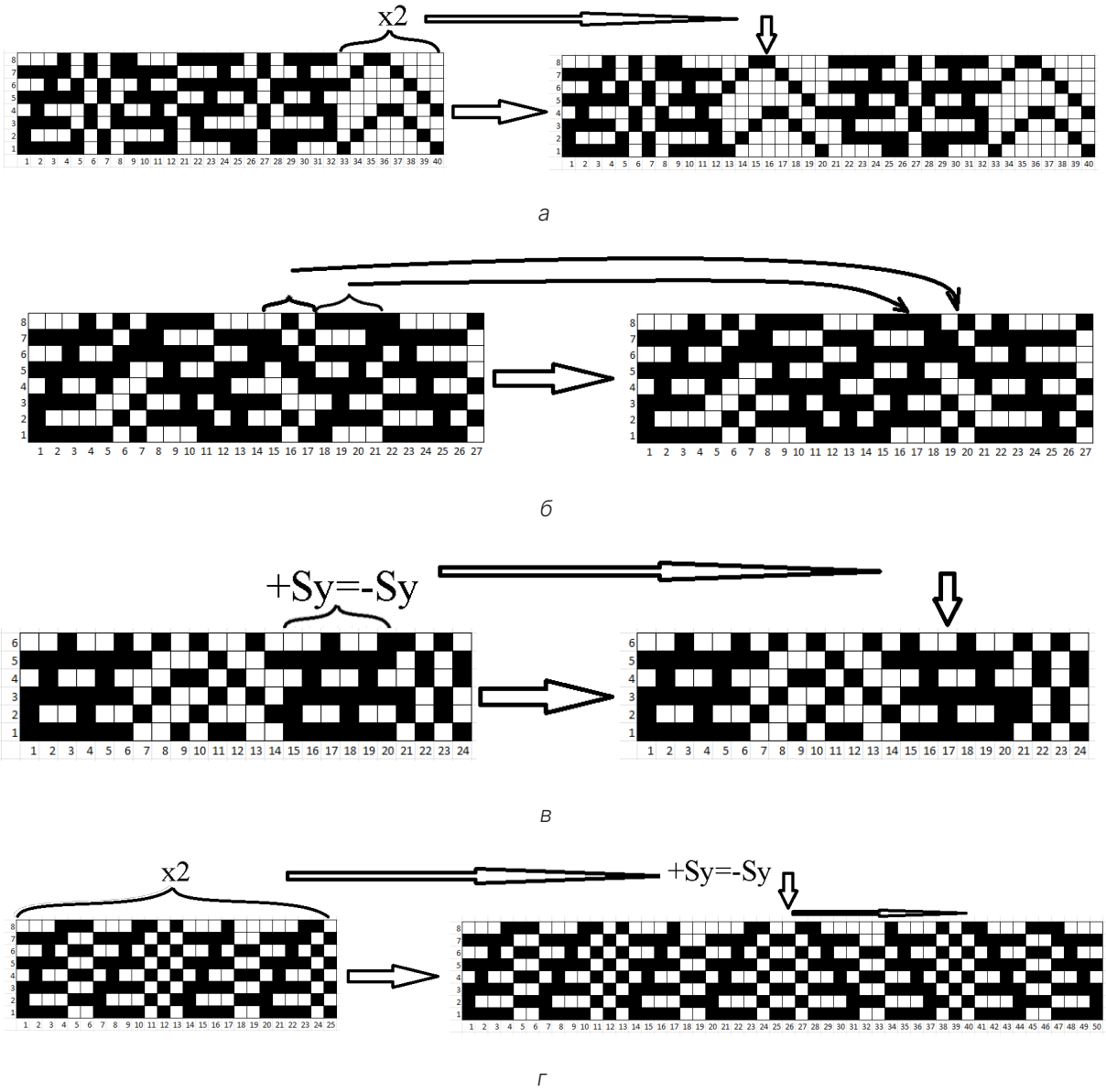


Рисунок 3 – Способы преобразования переплетений для достижения симметрии
Figure 3 – Ways to transform constructions to achieve symmetry

ляют по формуле:

$$N_{1кр} = N_{1\,кр} = (R_o - n_{кр.(ост.)}) + 1, \quad (2)$$

где $N_{1кр}$ – номер нити раппорта перестроенного переплетения, которую необходимо присвоить первой для фрагмента у кромки, нит.

Соответственно следующая после $N_{1кр}$ нить будет второй и так далее. Расчет количества повторений раппорта в кайме, количества оставшихся нитей и номера нити, с которой начинается фрагмент у кромки представлен в таблице 2.

Из таблицы видно, что во всех случаях раппорт переплетения не кратен числу нитей основы в кайме, поэто-

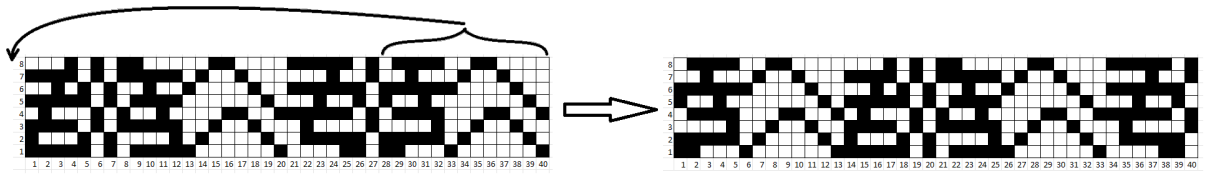


Рисунок 4 – Изменение нумерации нитей основы
Figure 4 – Changing the numbering of the warp threads

Таблица 2 – Расчет количества повторений раппорта в кайме и номера нити, с которой начинается фрагмент у кромки
Table 2 – Calculation of the number of repetitions of construction in the border and the number of the thread from which the fragment begins at the border of the fabric

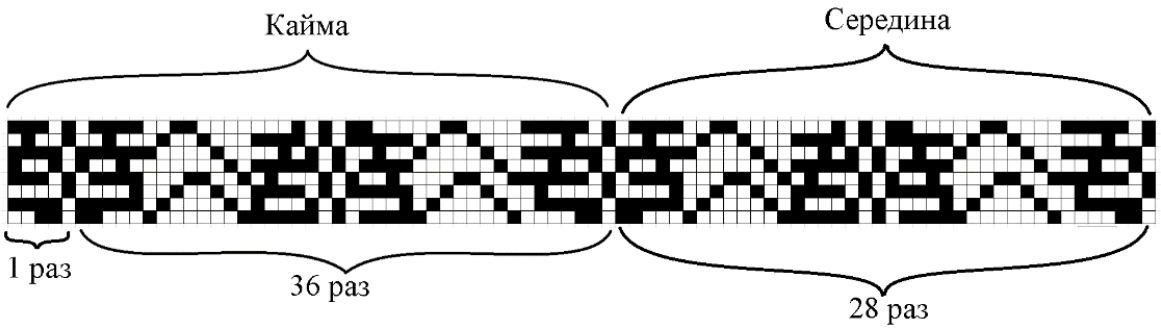
Переплетение	Количество крючков в кайме	Раппорт по основе	Количество повторений раппорта	Количество нитей у кромки	Номер нити базового переплетения, с которой начинается фрагмент его у кромок
Рисунок 3 а	1180	24	49	4	21
Рисунок 3 б	1445	40	36	5	36
Рисунок 3 в	580	27	21	13	15
Рисунок 3 г	630	50	12	30	21

му рассчитывается остаток нитей, на которые наносится часть (фрагмент) переплетения. Его расположение у кромки ткани позволяет избежать сбоя рисунка, сохранить количество нитей в заправке станка при переходе на новый рисунок, получать одинаковую для разных переплетений максимально возможную ширину ткани и исключит увеличение расхода материала при раскрое. Процесс патронирования (создания развернутого патрона) заключается в присваивании переплетений для одной части рядовой и обратной проборок. На рисунке 5 представлены развернутые патроны для всех вариантов переплетений.

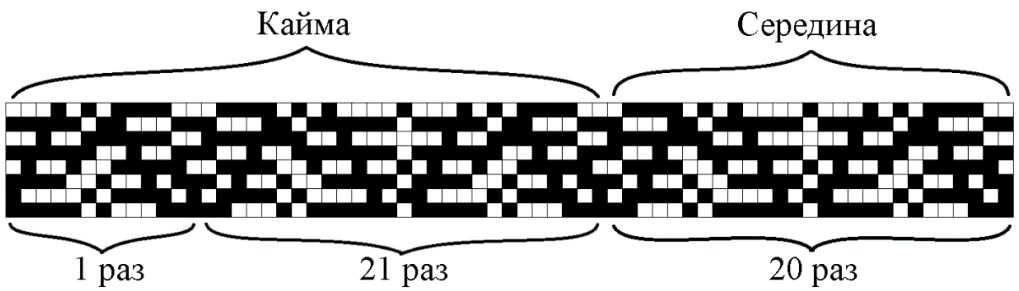
Развернутые патроны подтверждают, что ни у кромки, ни на стыке левой каймы и середины сбоя рисунка не происходит. Вторая половина обратной проборки является зеркальным отображением левой каймы, поэтому первая нить в правой кайме аналогична последней нити раппорта переплетения левой каймы. В данном месте образуется двойник – продольная полоса, состоящая из двух одинаково переплетающихся нитей основы, что легко устраняется удалением из заправки станка первой нити основы правой каймы. При исключении одной нити процесс повторного перебирания нитей в зуб берда для всех нитей основы правой каймы является нецелесообразным, так как ткани костюмного назначения проходят мокрую заключительную отделку (отбелку, окрашивание, кисловку) и обработку на тканеусадочной машине, в результате чего в готовой ткани разреженный участок в одну нить не визуализируется.

Образцы тканей, наработанные на разных ткацких станках, имеющих смешанные проборки аркатных шнуров в кассейную доску, представлены на рисунке 6. В качестве нитей основы использована суровая хлопчатобумажная пряжа линейной 50 текс, в утке крашенная пряжа из котонизированного льняного волокна той же линейной плотности в сочетании с чистольняной пряжей 56 текс мокрого способа формирования.

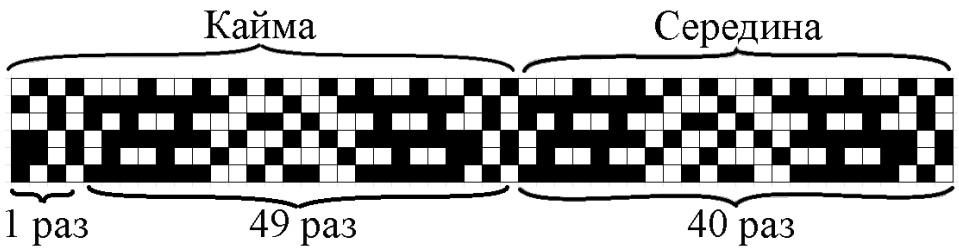
Как видно из рисунка 6 а–г сбой переплетения на стыке рядовой и обратной проборки у правой каймы ткани исключен, разреженные участки в ткани также отсутствуют. В процессе разбраковки суровой и готовой ткани на промерочно-браковочном оборудовании служ-



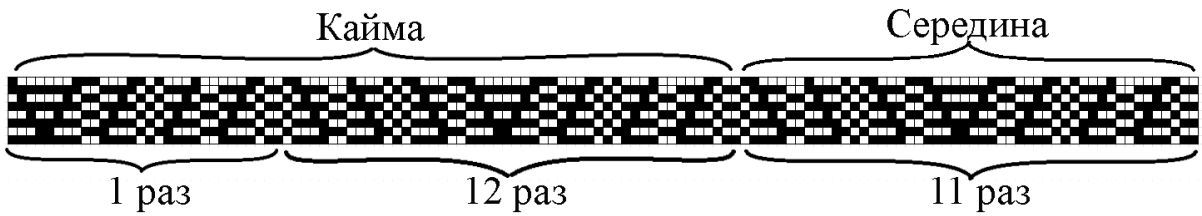
а



б



в



г

Рисунок 5 – Развернутые патроны
Figure 5 – Lifting plans

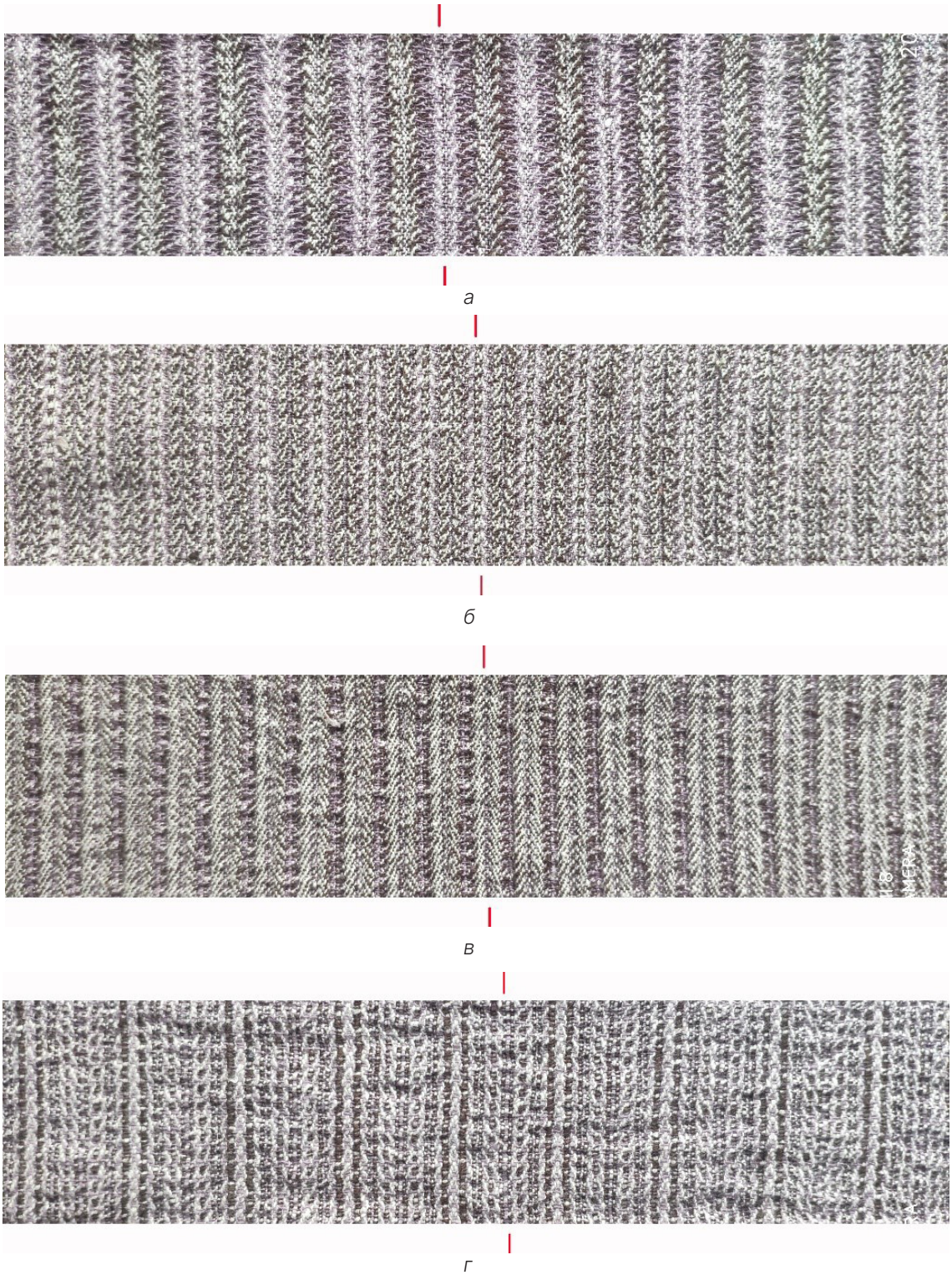


Рисунок 6 – Внешний вид образцов ткани
Figure 6 – Appearance of fabric samples

бой контроля качества сбой рисунка переплетения не выявлен, ткань соответствует первому сорту.

Анализ полученных результатов

Таким образом, установлено, что ткани костюмного назначения с раппортным рисунком можно нарабатывать на ткацких станках фирмы Picanol с жаккардовой машиной фирмы Bonas, имеющих как рядовые, так и смешанные проборки аркатных шнуров в кассейную доску. Смешанне схемы проборки аркатных шнуров в кассейную доску имеют следующую особенность: изменение направления проборки в правой части ткани (правой кайме), которое в тканях с раппортным рисунком приводят к сбою переплетения. Процесс проектирования затруднен особенностями смешанных схем проборки, так как при проектировании необходимо добиться симметрии рисунка переплетения, кратности раппорта переплетения одной части рядовой проборки, предотвратить сбой рисунка переплетения и возникновение длинных уточных настилов на стыке рядовой и обратной частей смешанных схем проборок аркатных шнуров в кассейную доску. Достичь симметрии рисунка переплетения можно увеличивая или уменьшая раппорта базового переплетения на его часть; перемещая или изменяя место расположения рубчика или просновки; изменяя знак сдвига в саржевых переплетениях, а также сочетая предложенные способы.

Предложенная методика перестроения рубчиковых переплетений позволяет получать ткани с раппортным рисунком на ткацких станках со смешанной проборкой, включает в себя следующие этапы:

1) определение месторасположения нити основы, относительно которой возможно отобразить раппорт базового переплетения без его нарушения, либо с минимальным изменением в случае необходимости;

2) перестроение рисунка переплетения до достижения полной его симметрии по основе; выбор оптимального варианта, который не требует принципиальных изменений базового переплетения и не влечет за собой появление длинных уточных настилов;

3) соблюдение условий кратности числа нитей в одной части рядовой проборки раппорту по основе перестроенного переплетения;

4) внесение изменений в нумерацию нитей основы перестроенного переплетения с тем, чтобы нить, являющаяся осью симметрии, была последней и располагалась в месте стыка рядовой и правой половины обратной проборок;

5) расчет количества повторений раппорта спроектированного переплетения в кайме, в случае несоблюдения условия кратности, определение разницы между количеством крючков в половине обратной проборки и количеством нитей в целом числе раппортов переплетения в кайме;

6) подготовка развернутого патрона.

Несмотря на то, что методика является трудоемкой и требует определенного опыта проектирования в части оценивания переплетений с точки зрения симметрии и внесения изменений, ее работоспособность обоснована: в спроектированных переплетениях отсутствует сбой рисунка в ткани по ширине заправки станка. Наработка образцов ткани и контроль ее качества доказал, что использование данной методики перестроения рубчиковых переплетений позволяет получать высококачественные костюмные ткани без дорогостоящего перепрограммирования жаккардовой машины.

Выводы

1. Разработаны требования к переплетениям, предназначенным для использования их в костюмных тканях, вырабатываемых на станках с жаккардовой машиной, схема заправки которой применяется для выработки штучных изделий с каймовым рисунком.

2. Создана методика перестроения комбинированных переплетений, сущность которой заключается в проектировании рисунков с вертикальной осью симметрии, исключающей сбой на стыке двух видов проборок: рядовой и обратной, что позволило исключить процесс перепрограммирования жаккардовой машины и обеспечило возможность использования рубчиковых переплетений для художественного оформления костюмных тканей, вырабатываемых на станках со смешанной проборкой аркатных шнуров в кассейную доску.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Агеева, А.Е. (2023). Тренды в тканях 2023-2024 года. Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2023 : *Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции*. В 4-х томах, 9–10 ноября 2023

года, С. 358–362.

Букина, Ю.А., Сергеева, Е.А. (2012). Получение антибактериальных текстильных материалов на основе наночастиц серебра посредством модификации поверхности текстиля неравновесной низкотемпературной плазмой. *Вестник Казанского технологического университета*, Т. 15, № 7, С. 125–128.

Вишневская, О.В., Вознесенский, Э.Ф., Ибрагимов, Р. Г., [и др.] (2019). Исследование влияния сформированного в ННТП гидрофобного покрытия на гигиенические свойства текстильных материалов. *Вестник Технологического университета,* Т. 21, № 1, С. 90–93.

Дзембак, Н.М. (2008). *Конструирование жаккардовых тканей*. Санкт-Петербург : СПГХПА им. А. Л. Штиглица, Российская Федерация.

Дониерова, М.А., Шамиев, Д.Б., Дониеров, Б.Б. (2021). Определение оптимальных параметров изготовления рубчиковых тканей. *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*, № 1, С. 38–41.

Дуплинская, Е.Б., Ступина, Ю.В., Летунов, С.А. (2023). «Зеленая» повестка: модный тренд или объективная необходимость. *Экономика и предпринимательство*, № 3(152), С. 1071–1076.

Квасникова, В.В., Герасимова, О.О. (2022). *Мировой рынок льняной ткани: состояние и перспективы развития*. Витебск : УО «ВГТУ», Республика Беларусь.

Конарева, Ю.С., Максимова, И.А., Бажовлонская, А.Д. (2023). Анализ модных трендов нарядных аксессуаров из текстильного материала. *Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 75-летию со дня рождения проф. А.П. Жихарева : Сборник научных трудов*, 19 октября 2022 года, С. 115–118.

Лебедева, С. (2023). Актуальные модные тренды в женской одежде на 2023 год. *Сибирский калейдоскоп-2023 : Сборник текстов выступлений на восточном языке участников регионального конкурса среди студентов вузов Западной Сибири*, 17 марта 2023 года, С. 86–87.

Мартынова, А.А. Слостина, Г.Л., Власова, Н.А. (1999). *Строение и проектирование тканей*. Москва : Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина, Российская Федерация.

Милеева, Е.С., Казарновская, Г.В. (2021). Технология получения костюмных жаккардовых тканей с использованием смешанной проборки. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2(41), С. 34–42.

«Мировой рынок льняных тканей. Маркетинговое исследование: тренды, анализ и прогноз – Влияние COVID-19», [Online], https://www.indexbox.ru/reports/mirovoj-rynok-lnjanyh-tkanej-marketingovoe-issledovanie-trendy-analiz-i-prognoz, (дата доступа : 23.01.2023).

Нуруллина, Г.Н. (2019). Модифицированный текстиль для изготовления деталей интерьера музыкальных залов детских дошкольных учреждений. *Молодежь и системная модернизация страны : сборник научных статей 4-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых*, 21–22 мая 2019 года, Том 6, С. 170–172.

Симбирева, И.Д., Шматова, В.М. (2023). Экологичная одежда – новый тренд в модной индустрии. *Студенческий*, № 38-3(250), С. 5–7.

Толубеева, Г.И. (2005). *Основы проектирования однослойных ремизных тканей*. Иваново: ИГТА, Российская Федерация.

Толубеева, Г.И. (2012). *Основы проектирования крупноузорчатых тканей*. Иваново : Ивановская государственная текстильная академия, Российская Федерация.

Толубеева, Г.И., Шейнова, Т.И., Карева, Т.Ю., Перов, Р.И. (2006). *Главные и мелкоузорчатые переплетения*. Иваново: ИГТА, Российская Федерация.

Тувин, А.А. (2022). Основные направления развития ткацкого машиностроения в России. *Первая конференция научно-образовательного консорциума «Иваново»*, Иваново, 16–21 мая 2022 года, С. 359–362.

Kondrashov, S.V. (2022). Mechanical metamaterials – a fashion trend or a new approach to the development of materials? *Journal of Advanced Materials and Technologies*, Vol. 7, No. 4, pp. 310–318.

"Linen Clothing Market Size In 2023 : Share, Trends, Opportunities Analysis Forecast Report By 2030", [Online], https://www.linkedin.com/pulse/linen-clothing-market-size-2023-share-trends-opportunities, (дата обращения: 21.03.2023).

"Top Fashion Trends of Linen Clothing for Women", [Online], https://medium.com/@mathuravrindavanradha/top-fashion-trends-of-linen-clothing-for-women-6829fc1f135f, (дата обращения: 21.03.2023).

REFERENCES

Ageeva, A.E. (2023). Trends in fabrics 2023-2024. Generation of the future: The view of young scientists-2023 [Trendy v tkanyah 2023-2024 goda. Pokolenie budushego: Vzglyad molodyh uchenyh-2023] *Sbornik nauchnyh statej 12-j Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii = Collection of scientific articles of the 12th International Youth Scientific Conference*. In 4 volumes, November 9-10, 2023, pp. 358–362 (In Russian).

Bukina, Yu.A., Sergeeva, E.A. (2012). Preparation of antibacterial textile materials based on silver nanoparticles by modifying the surface of textiles with nonequilibrium low-temperature plasma [Poluchenie antibakterialnyh tekstilnyh materialov na osnove nanochastic serebra posredstvom modifikacii poverhnosti tekstilya neravnovesnoj nizkotemperaturnoj plazmoj]. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Kazan Technological University*, Vol. 15, No. 7, pp. 125-128 (In Russian).

Vishnevskaya, O.V., Voznesensky, E.F., Ibragimov, R.G., [et al.] (2019). Investigation of the effect of the hydrophobic coating formed in the NNTP on the hygienic properties of textile materials [Issledovanie vliyaniya sformirovannogo v NNTP gidrofobnogo pokrytiya na gigienicheskie svojstva tekstilnyh materialov]. *Vestnik Tehnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Technological University*, vol. 21, No. 1, pp. 90–93 (In Russian).

Dzembak, N.M. (2008). *Konstruirovanie zhakkardovyh tkanej* [The design of jacquard fabrics: a textbook]. St. Petersburg : A. L. Stiglitz SPGHPA, Russian Federation (In Russian).

Donierova, M.A., Shamiev, D.B., Donierov, B.B. (2021). Determination of optimal parameters for the manufacture of scar tissue [Opredelenie optimalnyh parametrov izgotovleniya rubchikovyh tkanej]. *Fizika voloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX) = Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and Materials (SMARTEX)*, No. 1, pp. 38–41 (In Russian).

Duplinskaya, E.B., Stupina, Yu.V., Letunov, S.A. (2023). The "green" agenda: a fashion trend or an objective necessity ["Zelenaya" povestka: modnyj trend ili obektivnaya neobhodimost]. *Ekonomika i predprinimatelstvo = Economics and Entrepreneurship*, No. 3(152), pp. 1071–1076 (In Russian).

Kvasnikova, V.V., Gerasimova, O.O. (2022). *Mirovoj rynok lnyanoj tkani: sostoyanie i perspektivy razvitiya* [The global linen fabric market: state and prospects of development : monogr]. Vitebsk : Educational institution "VSTU", Republic of Belarus (In Russian).

Konareva, Yu.S., Maksimova, I.A., Bazhovlonskaya, A.D. (2023). Analysis of fashion trends of elegant accessories made of textile material [Analiz modnyh trendov naryadnyh aksessuarov iz tekstilnogo materiala]. *Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 75-letiyu so dnya rozhdeniya prof. A.P. ZHihareva : Sbornik nauchnyh trudov = Collection of scientific papers of the International Scientific Conference dedicated to the 75th anniversary of the birth of prof. A.P. Zhikharev : Collection of scientific papers*, October 19, 2022, pp. 115–118 (In Russian).

Lebedeva, S. (2023). Current fashion trends in women's clothing for 2023 [Aktualnye modnye trendy v zhenskoj odezhde na 2023 god]. *Sibirskij kalejdoskop-2023 : Sbornik tekstov vystuplenij na vostochnom yazyke uchastnikov regional'nogo konkursa sredi studentov vuzov Zapadnoj Sibiri = Siberian Kaleidoscope-2023 : A collection of texts of speeches in the Oriental language by participants of the regional competition among students of universities in Western Siberia*, March 17, 2023, pp. 86–87 (In Russian).

Martynova, A.A. Slostina, G.L., Vlasova, N.A. (1999). *Stroenie i proektirovanie tkanej* [Structure and design of fabrics]. Moscow : Kosygin Moscow State Textile University, Russian Federation (In Russian).

Mileeva, E.S., Kazarnovskaya, G.V. (2021). The technology of producing costume jacquard fabrics using a mixed cork [Tehnologiya polucheniya kostyumnyh zhakkardovyh tkanej s ispolzovaniem smeshannoj proborki]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Vitebsk State Technological University*, No. 2(41), pp. 34–42 (In Russian).

"The world market of linen fabrics. Marketing research: trends, analysis and forecast – The impact of COVID-19" [«Mirovoj rynok lnyanyh tkanej. Marketingovoe issledovanie: trendy, analiz i prognoz – Vliyanie COVID-19»], [Online], https://www.indexbox.ru/reports/mirovoj-rynok-lnjanyh-tkanej-marketingovoe-issledovanie-trendy-analiz-i-prognoz, (Access: 01/23/2023) (In Russian).

Nurullina, G.N. (2019). Modified textiles for the manufacture of interior details of music halls of preschool institutions [Modificirovannyj tekstil dlya izgotovleniya detalej interera muzykalnyh zalov detskih doshkolnyh uchrezhdenij]. *Molodezh' i sistemnaya modernizaciya strany : sbornik nauchnyh statej 4-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov i molodyh uchenyh = Youth and systemic modernization of the country : collection of scientific articles of the 4th International Scientific Conference of Students and Young Scientists*, May 21-22, 2019, Volume 6, pp. 170–172 (In Russian).

Simbireva, I.D., Shmatova, V.M. (2023). Eco-friendly clothing is a new trend in the fashion industry [Ekologichnaya odezhda – novyj trend v modnoj industrii]. *Studencheskij = Student*, No. 38-3(250), pp. 5–7 (In Russian).

Tolubeeva, G.I. (2005). *Osnovy proektirovaniya odnoslojnyh remiznyh tkanej* [Fundamentals of the design of single-layer repair fabrics: textbook]. Ivanovo: ISTA, Russian Federation (In Russian).

Tolubeeva, G.I. (2012). *Osnovy proektirovaniya krupnouzorchatyh tkanej* [Fundamentals of designing large-patterned fabrics : textbook]. Ivanovo : Ivanovo State Textile Academy, Russian Federation (In Russian).

Tolubeeva, G.I., Sheinova, T.I., Kareva, T.Yu., Perov, R.I. (2006). *Glavnye i melkouzorchatye perepleteniya* [The main and finely patterned interlacing: textbook]. Ivanovo: ISTA, Russian Federation (In Russian).

Tuvin, A.A. (2022). The main directions of the development of weaving machinery in Russia [Osnovnye napravleniya razvitiya tkackogo mashinostroeniya v Rossii]. *Pervaya konferenciya nauchno-obrazovatel'nogo konsorciuma «Ivanovo» = The first conference of the scientific and educational consortium "Ivanovo"*, Ivanovo, May 16-21, 2022, pp. 359–362 (In Russian).

Kondrashov, S.V. (2022). Mechanical metamaterials – a fashion trend or a new approach to the development of materials? *Journal of Advanced Materials and Technologies*, Vol. 7, No. 4, pp. 310–318.

"Linen Clothing Market Size In 2023 : Share, Trends, Opportunities Analysis Forecast Report By 2030" ["Linen Clothing Market Size In 2023 : Share, Trends, Opportunities Analysis Forecast Report By 2030"], [Online], https://www.linkedin.com/pulse/linen-clothing-market-size-2023-share-trends-opportunities, (Access: 03/21/2023).

"Top Fashion Trends of Linen Clothing for Women" ["Top Fashion Trends of Linen Clothing for Women"], [Online], https://medium.com/@mathuravrindavanradha/top-fashion-trends-of-linen-clothing-for-women-6829fc1f135f, (Access: 03/21/2023).

Информация об авторах | Information about the authors

Казарновская Галина Васильевна
Кандидат технических наук, профессор кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: galina_kazarnovskaya@mail.ru

Милеева Екатерина Сергеевна
Магистр технических наук, аспирант кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: kati.mileeva@gmail.com

Galina V. Kazarnovskaya
Candidate of Sciences (in Engineering), Professor of the Department "Fashion Design and Fashion", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: galina_kazarnovskaya@mail.ru

Katsirina S. Mileeva
Master of Technical Sciences, Postgraduate Student of the Department "Fashion Design and Fashion", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: kati.mileeva@gmail.com

УДК 614.895.5 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-35-43

Построение математической модели тепловлагопереноса в системе ‹‹человек – защитная одежда – внешняя среда››

С.А. Игнатьев *Витебский государственный технологический университет,*
В.И. Ольшанский *Республика Беларусь*

Аннотация. В последние годы наблюдается растущий спрос со стороны исследователей и промышленности на надежные модели, прогнозирующие термофизиологические реакции человека. В статье изложены сценарии воздействия окружающей среды на тепловой комфорт человека с учетом свойств специальной защитной одежды и функционирования системы терморегуляции человека. Дано понятие о тепловом комфорте и системе терморегуляции организма человека. Математическая модель должна учитывать сложное протекание теплофизических процессов в системе «человек–одежда – окружающая среда». Тепловой поток между кожей человека и внутренней поверхностью защитной одежды выражается системой уравнений в частных производных. Система нелинейна в силу самой природы терморегуляции человека. В моделирование включены как тепловые, так и аэродинамические воздействия окружающей среды (температура, влажность воздуха и т. д.), тепловлагосопротивления одежды, а также тепловые потоки и потоки влаги к поверхности тела человека за счет функционирования внутренней терморегуляции. Особой проблемой является тот факт, что все эти процессы должны моделироваться взаимосвязанным образом. Таким образом, ставится задача перейти на основе математических моделей и компартментного подхода к количественной оценке процессов массопереноса и теплоты как отдельных частей, так и на основе тела человека в целом. Данная проблема разрешается в рассматриваемой работе. Методы конечных разностей используются для аппроксимации пространственных частных производных, что сводит задачу к решению системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Для решения задачи используется аппроксимация высокой точности во временном измерении. Модель используется для прогнозирования реакции одетого человека на различные изменения условий окружающей среды.

Ключевые слова: одежда специальная защитная, компартмент, терморегуляция, тепловой комфорт, температура, тепловлагоперенос.

Информация о статье: поступила 29 января 2024 года.

Construction of a mathematical model of heat and moisture transfer in the system "person – protective clothing – external environment"

Sergey A. Ignatyev *Vitebsk State Technological University,*
Valery I. Alshanski *Republic of Belarus*

Abstract. Recent years have seen a growing demand from both researchers and industry for reliable models that can predict human thermophysiological responses. This article outlines scenarios concerning the impact of the environment on human thermal comfort, taking into account the properties of special protective clothing and the functioning of the human thermoregulation system. It provides the overview of the concept of thermal comfort and the thermoregulation system of the human body. The mathematical model should consider the complex behavior of thermophysical processes within the "person – clothing – environment" system. The heat flow between human skin and the inner surface of protective clothing is represented by a system of partial differential equations. The system is nonlinear due to the nature of human thermoregulation. The modeling encompasses both thermal and aerodynamic effects of the environment (such as temperature, air humidity, etc.), the thermal and moisture resistance of clothing, as well as heat and moisture flows to the surface of the human body resulting from internal thermoregulation. A particular challenge lies in the fact that all these processes must be modeled in an interconnected manner. Thus, the task is to move, based on mathematical models and a

compartmental approach, to a quantitative assessment of the processes of mass transfer and heat of both individual parts and the human body as a whole. This problem is resolved in the work under consideration. Finite difference methods are applied to approximate spatial partial derivatives, which simplifies the problem to solving a system of nonlinear ordinary differential equations. To solve the problem, a high-precision approximation in the time dimension is used. The model is applied to predict the reaction of a clothed person to various changes in environmental conditions.
Keywords: drying, temperature, moisture content, heat flux density, moisture evaporation rate, drying coefficient, heat transfer coefficient, thermal conductivity coefficient, bio number.
Article info: received January 29, 2024.

Введение

Одежда, являясь защитным барьером между телом человека и окружающей средой, должна создавать и поддерживать вокруг тела микроклимат, обеспечивающий комфортные условия жизнедеятельности организма, а также уменьшать неблагоприятное воздействие окружающей среды для сохранения работоспособности и здоровья человека при условиях эксплуатации конкретного рассматриваемого типа одежды (Колесников, 1965).

Для человеческого организма, как открытой тепловой системы с внутренним источником тепла, оттоком или притоком тепла из окружающей среды, одежда является тепловым барьером между поверхностью кожи и окружающей средой. Тепловая энергия, производимая в организме при экзотермических химических реакциях преимущественно в скелетных мышцах и внутренних органах, является переменной и используется для поддержания внутренней температуры тела постоянной (Чичиндаев и Хромова, 2018). Поскольку сохранение постоянства температуры тела является необходимым условием жизнедеятельности человека, необходимо, чтобы в тепловом балансе организма сохранялось равенство теплопродукции и теплоотдачи Это обеспечивается механизмами внутренней терморегуляции как совокупности физиологических процессов, обусловленных деятельностью центральной нервной системы и направленных на поддержание температуры внутренних органов в узких определенных пределах независимо от значительных изменений условий окружающей среды и собственной теплопродукции и организма. В управлении теплоотдачей основная роль принадлежит периферическому кровотоку, от скорости которого в коже меняется интенсивность тепловлагопереноса от ее поверхности. Непрерывный тепловлагоперенос в системе «человек – одежда – окружающая среда» происходит посредством тепловлагопроводности, конвекции и излучения.

Цель исследования

На основе построения модели тепловлагопереноса в системе «человек – защитная одежда – внешняя среда» сформировать физико-математическую модель теплового баланса человеческого тела.

Понятие о тепловом комфорте и системе терморегуляции организма человека

Под комфортом обычно понимается состояние психологической, физиологической гармонии между человеком и окружающей средой (Parsons, 2002). Процессы, связанные с обеспечением комфорта человека, по своей природе являются физическими, теплофиологическими, нейрофизиологическими и психологическими (Покровский и Коротько, 2003).

Тепловой комфорт связан с тепловым балансом организма человека – отношением между теплоотдачей (ТО) и теплопродукцией (ТП), при этом вклад различных органов организма в теплопродукцию является неравномерным. Поскольку человеский организм непрерывно генерирует тепло (75–80 Вт в состоянии покоя или сна и 1000 Вт во время физической нагрузки), избыточное тепло необходимо отводить в окружающую среду тщательно контролируемым образом для поддержания температуры внутренних органов организма постоянной (около 37 °С с суточным изменением около ±0.5–0.8 °С (Марков, Тришин и Яковенко, 2021)).

Под тепловым (теплофизиологическим) комфортом можно понимать некоторое ощущение теплового состояния организма с индивидуальными физиологическими и анатомическими особенностями, который находится в определенном тепловом равновесии с условиями окружающей среды (Tang, He, Shao and Ji, 2016). При этом возможное увеличение ТП вследствие, например, физической нагрузки должно компенсироваться увеличением ТО без напряжения процессов терморегуляции

и соответствовать физиологическим показателям, приведенным в таблице 1 (Parsons, 2002) и называемым условиями тепловой нейтральности.

Концептуальное уравнение теплового баланса как основа теплофизической модели системы «человек – одежда – окружающая среда»

Баланс теплопродукции и теплоотдачи не означает достижение некоторого устойчивого состояния с неизменностью и стационарностью температуры, а в силу присутствия активного управления тепловлагопереносом наблюдается динамический баланс для поддержания постоянной температуры внутренних органов организма. Поэтому уравнение теплового баланса может быть представлено в различных видах (Parsons, 2002), но концептуально в них включаются три типа процессов – теплопродукция $(M - W)$, теплоотдача $(K + C + R + E)$ h накопление/дефицит тепла в организме S:

$$M - W = K + C + R + E + S\,. \qquad [1]$$

Скорость обмена веществ (метаболизм) M обеспечивает тело энергией, позволяющей выполнять механическую работу W за счет физической активности, а остальная часть высвобождается в виде тепла $(M - W)$. Передача высвободившегося тепла в окружающую среду осуществляется проводимостью K, конвекцией C, излучением R и испарением E, интенсивность которых обычно зависит от условий окружающей среды. Таблица 2 демонстрирует одну из таких зависимостей от температуры окружающей среды на примере человека без одежды.

Применение компартментного подхода для построения виртуальной модели тела человека с целью описания тепловых процессов в организме

Как физическое, так и математическое моделирование тепловых процессов в системе «человек-одежда-окружающая среда» связано не только с установлением понимания функциональности защитной одежды с точки зрения ее теплоизоляционных свойств, но и, как указано выше, с изучением реакции организма человека с учетом его анатомических, физиологических, теплофизических особенностей на изменение внешних эксплуатации рассматриваемого типа одежды. При этом тело человека условно разбивается на N элементарных компонентов в виде простых геометрических фигур (сфера, цилиндр, пластина) называемых компартментами, тогда как тепловые процессы описываются через последовательность математических зависимостей, основанных на физических законах сохранения и специальных алгоритмах терморегуляции, устанавливаю-

Таблица 1 – Показатели теплового комфорта организма человека
Table 1 – Indicators of thermal comfort of the human body

Показатель	В состоянии покоя или при легкой физической нагрузке	При тяжелой физической нагрузке
Температура тела	36.7 °C (подмышечная), 37.1–37.2 °C (ректальная)	37.5-37.7 °C (ректальная)
Температура кожи	33.8 °C (лоб), 33.1 °C (кисти), 31.0 °C (голени и стопы), 32.5–33.5 °C (средневзвешенная)	30.2–31.4 °C (средневзвешенная в связи с охлаждением из-за испарения)
Влагопотери	До 50 г/ч (испарение диффузной влаги)	До 180 г/ч
Теплоотдача в окружающую среду за счет испарения	23–27 % от общих теплопотерь (1/3 – на испарение с поверхности верхних дыхательных путей, 2/3 – за счет испарения с поверхности кожи)	Не превышает 30 % от общих потерь
Показатели сердечно-сосудистой системы	ЧСС 72 удара в минуту, объем кровообращения 4.9–5.6 л/мин, частота дыхания 12–15 вдохов в мин. Объем дыхания составляет 6–7.5 л/мин	ЧСС 90–100 ударов в минуту

Таблица 2 – Вклад в теплоотдачу проводимости, конвекции, излучения и испарения (человек без одежды)
Table 2 – Contribution to heat transfer by conduction, convection, radiation and evaporation (person without clothes)

Процесс	Температура окружающей среды, °С		
	20	30	36
Испарение	13 %	27 %	100 %
Конвекция и теплопроводность	26 %	27 %	0 %
Излучение	61 %	46 %	0 %

щих связь между как самими компартментами, так и с окружающей средой. Каждый из компартментов представляется набором K слоев с L ячейками (долями), соответствующих, например, коже, мышечной, костной и другим тканям (Fiala, 2010) (рисунок 1).

Система кровообращения обычно выступает в качестве дополнительного компартмента особого типа. Одежда с прослойками воздуха между кожей и ее внутренней поверхностью может рассматриваться либо как отдельный компартмент со своими слоями, либо учитываться через эффективные коэффициенты теплоотдачи и влагопереноса от кожи в окружающую среду.

Таким образом, компартментный подход позволяет перейти на основе математических моделей к количе-



Рисунок 1 – Виртуальная модель тела человека
Figure 1 – Virtual model of the human body

ственной оценке процессов переноса как для отдельных частей, так и на их основе тела человека в целом. Для такого анализа, исходя из концептуального уравнения теплового баланса (1), следует определить конкретные пути теплопродукции и теплоотдачи с формулировкой уравнений, включающих члены, которые могут быть измерены или оценены.

Класс моделей теплового баланса на основе обыкновенного дифференциального уравнения

Для первого класса моделей при условном разделении организма для отдельной к-ткани п-компартмента уравнение (1) можно записать в обобщенном виде обыкновенного дифференциального уравнения (Fiala, 2010):

$$P_{kn}C_{kn}\frac{\partial T_{kn}}{\partial t} = Q^{M}_{kn} + Q^{K}_{kn} \pm Q^{B}_{kn} \pm Q^{C}_{kn} \pm Q^{R}_{kn} - Q^{E}_{kn} - Q^{Sk}_{kn} + Q_{kn}, \quad (2)$$

где $Q^{M}_{kn} = F(\rho_{O_2})$ – количество тепла, образуемое за счет метаболических процессов;

$Q^{K}_{kn} = S_{kn}\lambda_{kn}(T_{kn} - T_i)$ – количество тепла, рассеиваемое за счет теплопроводности соседних слоев тканей;

$Q^{B}_{kn} = \rho_B C_B \omega_B (T_B - T_{kn})$ – количество тепла, определяемое конвективным переносом тепла кровотоком;

$Q^{C}_{kn} = S_{kn}h_{kn}(T_{kn} - T_a)$ и $Q^{R}_{kn} = S_{kn}\sigma\varepsilon_{kn}(T^4_{kn} - T^4_a)$ – конвективный и радиационный теплообмен с окружающей средой;

$Q^{E}_{kn} = f(V, n, d)$ и $Q^{Sk}_{kn} = h^{E}_{kn}S_{kn}(P_{kn} - P_a)$ – определяются испарением с верхних дыхательных путей и с поверхности кожи;

$Q\rho_{kn}$ – количество тепла, определяемое переносом за счет других факторов (работы, активности и т. д.)

Здесь ρ_{kn} и C_{kn} – плотность и удельная теплоемкость слоя ткани, $\rho_в$, $C_в$, $\omega_в$, $T_в$ – плотность, удельная теплоемкость, объемная скорость кровотока и температура крови, T_{kn} – температура слоя ткани; S_{kn} – эффективная площадь поверхности рассматриваемого объема тканей; T_t – температура соседних слоев тканей; λ_{kn} – локальный коэффициент теплопроводности, $F(\rho_{O_2})$ – количество метаболического тепла, зависящее от концентрации кислорода в тканях, T_a – температура окружающей среды, h_{kn} – локальный коэффициент конвективного теплообмена, σ – постоянная Больцмана, ε_{kn} – коэффициент излучения поверхности тканей (порядка 0.88...0.92), h^{E}_{kn} – коэффициент теплоотдачи испарением, P_{kn} и P_a – давление паров воды, насыщенных при температуре ткани и окружающей среды, соответственно, $f(V, n, d)$ – функция, зависящая от частоты дыхания n, вентилируемого объема легких V, разницы влагосодержания вдыхаемого и выдыхаемого воздуха d.

Другой класс моделей строится на применении дифференциального уравнения в частных производных с соответствующими граничными условиями (Yang, Ni and Weng, 2017). В одномерном приближении его можно представить как:

$$\rho_{kn}C_{kn}\frac{\partial T_{kn}}{\partial t} = \frac{1}{r_\omega}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^{\omega}\lambda_{kn}\frac{\partial T_{kn}}{\partial r}\right) + Q^{B}_{kn} + Q^{M}_{kn}, \quad (3)$$

где ω = 1 для цилиндра, 2 – для сферы, r = 1 – радиус.

Единый подход к решению уравнений теплового баланса различного класса моделей

Как следует из анализа, приведенного выше, основными элементами математической модели теплового баланса являются уравнения теплового баланса (2) и (3). Для первого класса моделей (уравнение (2)) могут использоваться методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений (Соколова, Кузнецов и Надёжная, 2016).

Как следует из идеи многокомпартментного подхода, каждый элемент тела человека представляет собой многослойный цилиндр или сферу. При этом обычно предполагается, что интенсивность теплообмена по осевой и угловой переменной мала по сравнению с теплообменом в радиальном направлении (Сулин, Рябова, Рубцов и Никитин, 2016). Поэтому рассмотрим уравнение (3) в виде уравнения теплопроводности с учетом зависимости только от радиальной переменной (Wissler, 1998). В силу осевой (сферической) симметрии граничное условие на оси (в центре сферы) представляет собой равенство нулю радиального потока, в тоже время для внешней поверхности цилиндра (сферы) справедливо граничное условие Ньютона (Zhao, Lian and Lai, 2021). Тогда постановка задачи в общем виде выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial T}{\partial r}\Big|_{r=0} = 0$$

$$\rho C_p(r)\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r^{\omega}}\frac{\partial}{\partial r}(r^{\omega}\lambda(r)\frac{\partial T}{\partial r}) + Q(t,r,T), \quad (4)$$

$$-\lambda\frac{\partial T}{\partial r}\Big|_{r=R} = q_c + q_R + q_E = q(t,r,T)\Big|_{r=R}.$$

Каждый слой рассматриваемого цилиндра (сферы) имеет собственные теплофизические характеристики, поэтому будем рассматривать уравнение теплопроводности как неоднородное уравнение с переменными коэффициентами. Решать данное уравнение будем с привлечением теории разностных схем (Чичиндаев, Дья-

ченко и Хромова, 2016). С этой целью будем строить консервативную разностную схему с помощью интегро-интерполяционного метода (Самарский и Гулин, 1989). Под консервативной понимается схема, для которой выполняются следующие условия:

а) дифференциальная задача есть математическая интерпретация закона сохранения (в нашем случае рассматриваемое уравнение теплопроводности есть интерпретация закона сохранения энергии, выраженной через тепловую энтальпию $h = \rho C_p T$);

б) соответствующий закон сохранения должен выполняться и для дискретизованного уравнения (на сеточном уровне).

Как правило, при записи законов сохранения рассматриваемым уравнениям в частных производных соответствует их дивергентная форма.

Для уравнения теплопроводности в сплошных средах (в нашем случае именно так) роль такого закона сохранения играет условие непрерывности теплового потока.

Запишем уравнение через тепловой поток:

$$U = -\lambda(r)\frac{\partial T}{\partial r}.$$

Тогда уравнение в дивергентной форме будет:

$$\frac{\partial r^{\omega} h}{\partial t} + \frac{\partial r^{\omega} U}{\partial r} = r^{\omega} Q(t,r,T).$$

Аппроксимацию уравнения произведем по прямоугольнику $\Delta t \Delta r_i$ с узловыми точками (n относится к слою по времени, i – слою по радиусу). Точка i соответствует центру слоя ткани, i – 0.5 относится к границе со слоем ближе к оси (центру) цилиндра (сферы), когда как i + 0.5 к границе с верхним слоем. Таким образом стоит задача записи баланса тепловых потоков для ячейки. Изменение температуры за промежуток времени $(\Delta t = t^{n+1} - t^n)$ в центре ячейки (точка i) происходит за счет входящего теплового потока $(i - 0.5)$ через нижнюю границу и выходящего через верхнюю границу $(i + 0.5)$, а также объемного тепловыделения Q в ячейке размером Δr_i.

Смысл интегро-интерполяционного метода заключается в аппроксимации равенства интегралов с учетом баланса тепловых потоков:

$$\int_{t,r}\left(\frac{\partial r^{\omega} h(r)}{\partial t} + \frac{\partial r^{\omega} U}{\partial r}\right) dtdr = \int_{t,r} r^{\omega} Q(t,r,T)\,dtdr.$$

В дискретизированном виде равенство тепловых балансов обеспечивается равенством:

$$\rho_i C_i \frac{\partial T_i}{\partial t} + \frac{1}{r_i^{\omega}\Delta r_i}\left(r_{i+0.5}^{\omega} U_{i+0.5}^{n+0.5} - r_{i-0.5}^{\omega} U_{i-0.5}^{n+0.5}\right) = Q_i(t_n, r_i, T_i).$$

Фактически здесь учтена форма реальной ячейки цилиндра (сферы) через относительный объем $r_i^{w}\Delta r_i$.

Здесь осредненные за интервал времени тепловые потоки, прошедшие через границы ячейки:

$$r_{i+0.5}^{\omega} U_{i+0.5}^{n+0.5} = -\frac{1}{2} K_{i+0.5}\left(\left(T_{i+1}^{n} - T_i^{n}\right) + \left(T_{i+1}^{n+1} - T_i^{n+1}\right)\right),$$

$$r_{i-0.5}^{\omega} U_{i-0.5}^{n+0.5} = -\frac{1}{2} K_{i-0.5}\left(\left(T_i^{n} - T_{i-1}^{n}\right) + \left(T_i^{n+1} - T_{i-1}^{n+1}\right)\right).$$

Расстояние между центрами соседних ячеек:

$$r_{i-0.5} = r_i - 0.5\Delta r_i,\ r_{i+0.5} = r_i + 0.5\Delta r_i,$$

где r_i расстояние от оси цилиндра (центра сферы) до центра ячейки.

Значения плотности и теплоемкости, а также объемного тепловыделения рассчитываются для центра ячейки, в то время как расчет потоков через границы ячеек требует задания неким образом коэффициентов теплопроводности на границах. Зададим его через суммарное тепловое сопротивление половинок соседних ячеек как:

а) для цилиндра:

$$r_{i+0.5} = \frac{\lambda_i \lambda_{i+1}[L=1, i]}{\lambda_i ln\left(\frac{r_{i+1}}{r_{i+0.5}}\right) + \lambda_{i+1} ln\left(\frac{r_{i+0.5}}{r_i}\right)},$$

$$r_{i-0.5} = \frac{\lambda_i \lambda_{i-1}[L=1, i]}{\lambda_{i-1} ln\left(\frac{r_i}{r_{i-0.5}}\right) + \lambda_i ln\left(\frac{r_{i-0.5}}{r_{i-1}}\right)},$$

б) для сферы:

$$K_{i+0.5} = \frac{\lambda_i \lambda_{i+1}}{\lambda_{i+1}\left(\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_{i+0.5}}\right) + \lambda_i\left(\frac{1}{r_{i+0.5}} - \frac{1}{r_{i+1}}\right)},$$

$$K_{i-0.5} = \frac{\lambda_i \lambda_{i-1}}{\lambda_{i+1}\left(\frac{1}{r_{i-1}} - \frac{1}{r_{i-0.5}}\right) + \lambda_{i-1}\left(\frac{1}{r_{i-0.5}} - \frac{1}{r_i}\right)}.$$

Учитывая определения, уравнение в конечных разностях будет выглядеть:

$$\rho_i C_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = \frac{0.5}{r_i^{\omega}\Delta r_i}\left[K_{i+0.5} T_{i+1}^{n+1} - (K_{i+0.5} + K_{i-0.5}) T_i^{n+1} + K_{i-0.5} T_{i-1}^{n+1}\right] +$$
$$+ \frac{0.5}{r_i^{\omega}\Delta r_i}\left[K_{i+0.5} T_{i+1}^{n} - (K_{i+0.5} + K_{i-0.5}) T_i^{n} + K_{i-0.5} T_{i-1}^{n}\right] + Q_i^{n}(t_n, r_i, T_i). \quad (5)$$

Применение интегро-интерполяционного метода (Самарский и Гулин, 1989) к граничным условиям системы (4) позволяет получить для граничных ячеек аппроксимации, по виду аналогичные соотношению (5). Таким образом, при сравнении вида уравнений (2) и (5) предполагается, что для их решения могут быть использованы идентичные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Заключение

Проведен анализ существующих подходов учета сложного протекания теплофизических процессов в системе «человек – защитная одежда – окружающая среда». Сложное протекания вызвано наличием как тепловых, так и аэродинамических воздействий окружающей среды (температура и влажность воздуха, скорость ветра, атмосферные осадки и т. д.), тепловлагосопротивления одежды, а также тепловых потоков и потоков влаги к поверхности тела человека за счет функционирования внутренней терморегуляции. Проблема заключается в том, что эти процессы необходимо моделировать взаимосвязанным образом.

В результате проведенной работы предложен метод построения модели тепловлагопереноса в системе «человек – защитная одежда – окружающая среда», который базируется на многокомпартментном подходе. Данный подход позволяет учесть в модели метаболизм организма человека с одной стороны и тепломассоперенос в текстильных материалах с другой. При этом тело человека представляется набором N x K элементов со специальным компартментом, связанным с системой кровообращения, а также компартментом одежды со своими L слоями. Таким образом, физико-математическая модель теплового баланса может быть сформулирована с включением как минимум N x K + 1 + L уравнений теплопереноса и уравнения для переноса влаги. Модель позволяет производить моделирование тепло и влагопереноса в системе «человек – одежда – окружающая среда» с учетом внутреннего состояния тела человека и компартмента защитной одежды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Колесников, П.А. (1965). *Теплозащитные свойства одежды*, Москва, Легкая индустрия, Российская Федерация.

Марков, В.В., Тришин, В.Э. и Яковенко, М.В. (2021). Моделирование теплозащитных свойств одежды и физиологического состояния человека в одежде, *XXXIV Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов*, С. 177–180.

Покровский, В.М. и Коротько Г.Ф. (2003). *Физиология человека*, Москва, Медицина, Российская Федерация.

Самарский, А.А. и Гулин, А.В. (1989), *Численные методы*, Москва, Наука, Российская Федерация.

Соколова, А.С., Кузнецов, А.А. и Надёжная, Н.Л. (2016). Метод оценки теплозащитных свойств материалов одежды и их пакетов, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 (31), С. 24–31.

Сулин, А.Б., Рябова, Т.В., Рубцов, А.К. и Никитин, А.А. (2016). *Индексы теплового комфорта*, Санкт-Петербург, Университет ИТМО, Российская Федерация.

Чичиндаев, А.В. и Хромова, И.В. (2018). *Теплообмен в системе «человек – окружающая среда» в условиях низких температур*, Новосибирск, Изд-во НГТУ, Российская Федерация.

Чичиндаев, А.В., Дьяченко, Ю.В. и Хромова, И.В. (2016). Влияние внутренних источников тепла на процессы теплообмена в системе «человек – тепловая защита – окружающая среда», *Доклады Академии Наук Высшей Школы Российской Федерации*, № 1 (30), С. 108–115.

Fiala, D. (2010). Physiological modeling for technical clinical and research applications, *Journal of Frontiers in Bioscience-Scholar*, Vol. 2, № 3, pp. 939–968.

Parsons, K. (2002). *Human Thermal Environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance*, London, CRC Press, 560 p.

Tang, Y., He, Y., Shao, H. and Ji, C. (2016). Assessment of comfortable clothing thermal resistance using a multi-scale human thermoregulatory model, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, № 98, pp. 568–583.

Wissler, E.H. (1998). Pennes' 1948 paper revisited, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 85, № 1, pp. 35–41.

Yang, J., Ni, S. and Weng, W. (2017). Modelling heat transfer and physiological responses of unclothed human body in hot environment by coupling CFD simulation with thermal model, *International Journal of Thermal Sciences*, № 120, pp. 437–445.

Zhao, Q., Lian, Z. and Lai, D. (2021). Thermal comfort models and their developments: A review, *Energy and built environment,* Vol. 2, № 1, pp. 21–33.

REFERENCES

Kolesnikov, P.A. (1965). *Thermal protective properties of clothing* [Teplozashhitnye svojstva odezhdy], Moscow, Light industry, Russian Federation (in Russian).

Markov, V.V., Trishin, V.Je. and Jakovenko, M.V. (2021). Modeling the heat-protective properties of clothing and the physiological state of a person in clothing [Modelirovanie teplozashhitnyh svojstv odezhdy i fiziologicheskogo sostojanija cheloveka v odezhde], *XXXIV All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Young Scientists and Specialists*, pp. 177–180 (in Russian).

Pokrovskij, V.M. and Koroťko G.F. (2003). *Fiziologija cheloveka* [Human physiology], Moscow, Medicine, Russian Federation (in Russian).

Samarskij, A.A. and Gulin, A.V. (1989). *Chislennye metody* [Numerical methods], Moscow, The science, Russian Federation (in Russian).

Sokolova, A.S., Kuznecov, A.A. and Nadjozhnaja, N.L. (2016). Method for assessing the heat-protective properties of clothing materials and their packages [Metod ocenki teplozashhitnyh svojstv materialov odezhdy i ih paketov], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, № 2 (31), pp. 24–31 (in Russian).

Sulin, A.B., Rjabova, T.V., Rubcov, A.K. and Nikitin, A.A. (2016). *Indeksy teplovogo komforta* [Thermal comfort indices], Saint Petersburg, University of ITMO, Russian Federation (in Russian).

Chichindaev, A.V. and Hromova, I.V. (2018). *Heat exchange in the «man – environment» system at low temperatures* [Teploobmen v sisteme «chelovek – okruzhajushhaja sreda» v uslovijah nizkih temperatur], Novosibirsk, Publishing house of NSTU, Russian Federation (in Russian).

Chichindaev, A.V., D'jachenko, Ju.V. and Hromova, I.V. (2016). The influence of internal heat sources on heat exchange processes in the system «man – thermal protection – environment» [Vlijanie vnutrennih istochnikov tepla na processy teploobmena v sisteme «chelovek – teplovaja zashhita – okruzhajushhaja sreda»], *Doklady Akademii Nauk Vysshej SHkoly Rossijskoj Federacii = Reports of the Academy of Sciences of the Higher School of the Russian Federation*, № 1 (30), pp. 108–115 (in Russian).

Fiala, D. (2010). Physiological modeling for technical clinical and research applications, *Journal of Frontiers in Bioscience-Scholar*, Vol. 2, № 3, pp. 939–968.

Parsons, K. (2002). *Human Thermal Environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance*, London, CRC Press, 560 p.

Tang, Y., He, Y., Shao, H. and Ji, C. (2016). Assessment of comfortable clothing thermal resistance using a multi-scale human thermoregulatory model, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, № 98, pp. 568–583.

Wissler, E.H. (1998). Pennes' 1948 paper revisited, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 85, № 1, pp. 35–41.

Yang, J., Ni, S. and Weng, W. (2017). Modelling heat transfer and physiological responses of unclothed human body in hot environment by coupling CFD simulation with thermal model, *International Journal of Thermal Sciences*, № 120, pp. 437–445.

Zhao, Q., Lian, Z. and Lai, D. (2021). Thermal comfort models and their developments: A review, *Energy and built environment*, Vol. 2, № 1, pp. 21–33.

Информация об авторах

Игнатьев Сергей Александрович
Аспирант кафедры «Теплоэнергетика», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь. E-mail: Ignatyevsergey85@yandex.ru

Ольшанский Валерий Иосифович
Кандидат технических наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

Information about the authors

Sergey A. Ignatyev
Postgraduate Student of the Department "Thermal Power Engineering", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus. E-mail: Ignatyevsergey85@yandex.ru

Valery I. Alshanski
Candidate of Science (in Engineering), Professor of the Department "Thermal Power Engineering", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

УДК 004.4'236 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-44-52

Моделирование электростатических полей вокруг человека в обуви и одежде с различной диэлектрической проницаемостью

О.А. Белицкая *Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Российская Федерация*

Аннотация. Объектом исследования является процесс моделирования электростатического поля вокруг человека в обуви и одежде с различной диэлектрической проницаемостью.

Предметом исследования является оценка степени неоднородности величин напряженности электростатического поля, образующийся вокруг человека с учетом трибоэлектрических свойств одежды и обуви.

Цель работы – разработка моделей, которые отражают корреляцию между электростатическим полем и потенциалом тела человека в системе «человек – специальная обувь – напольное покрытие».

Выполнено конечно-элементное моделирование в COMSOL Multiphysics, с помощью которого возможно анализировать как отдельные, так и взаимосвязанные физические процессы, рассматривать влияние формы заряженных твердых тел на неоднородность электростатического поля на их поверхности.

Рассмотрены три вида моделей: человек в обуви и без одежды; человек в обуви и в легкой одежде из материала с относительной диэлектрической проницаемостью ε = 2,4 и усредненной толщиной слоя 0,5 см; человек в обуви, в легкой и теплой одежде из материалов с относительной диэлектрической проницаемостью ε = 4,3 и усредненной толщиной слоя 2,0–2,5 см. Для определения величин напряженности электростатического поля системы проведен расчет методом конечных элементов.

Выявлено, что электростатическое поле системы «человек – обувь – напольное покрытие» максимально концентрируется в нижней части геометрии тела, т. е. в районе обуви. Для модели в легкой одежде напряжённость электростатического поля при одинаковом потенциале на теле человека увеличивается более чем в 2,6 раза, по сравнению с моделью без одежды. Представленный метод моделирования позволяет учитывать свойства материалов, толщины и диэлектрические свойства пакетов одежды и обуви, что позволит оценить потенциальные риски воздействия электростатических полей на здоровье персонала и промышленное оборудование.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при планировании экспериментальных исследований, подборе материалов и проектировании пакетов специальной антистатической обуви и одежды.

Ключевые слова: электростатические разряды, электростатическое поле, моделирование, метод конечных элементов, обувь, одежда, диэлектрическая проницаемость.

Информация о статье: поступила 09 июня 2023 года.

Статья подготовлена по материалам доклада Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI–2023)».

Modeling of electrostatic fields around a person wearing shoes and clothes with different dielectric constants

Olga A. Belitskaya *Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art), Russian Federation*

Abstract. TThe focus of the study is the process of modeling the electrostatic field surrounding a person wearing shoes and clothes with different dielectric constants.

The objective is to assess the degree of heterogeneity of the electrostatic field strength values generated around a person, considering the triboelectric properties of clothing and shoes.
The purpose of the work is to develop models that illustrate the correlation between the electrostatic field and the potential of the human body in the "person – special shoes – floor covering" system.
Finite element modeling was performed using COMSOL Multiphysics, which enables the analysis of both individual and interconnected physical processes. It also allows for the consideration of the influence of the shape of charged solids on the inhomogeneity of the electrostatic field on their surface.
Three types of models were considered: a person in shoes and without clothes; a person in shoes and light clothing made of a material with a relative dielectric constant ε = 2.4 and an average layer thickness of 0.5 cm; a person in shoes, in light and warm clothes made of materials with a relative dielectric constant ε = 4.3 and an average layer thickness of 2.0–2.5 cm. To strength of the electrostatic field of the system was calculated applying the finite element method.
The study revealed that the electrostatic field of the "person-shoes-floor covering" system is maximally concentrated in the lower part of the body geometry, i. e. in the shoe area. For a model in light clothing, the electrostatic field strength at the same potential on the human body increases by more than 2.6 times compared to the model without clothing. The presented modeling method allows us to take into account the properties of materials, thickness and dielectric properties of clothing and footwear packages. This will enable the assessment of potential risks of exposure to electrostatic fields on the health of personnel and industrial equipment.
The results of the research can be used in planning experimental studies, selecting materials and designing packages of special antistatic shoes and clothing.
Keywords: electrostatic discharges, electrostatic field, modeling, finite element method, footwear, clothing, dielectric continuity.
Article info: received June 9, 2023.
The article was prepared based on the report of the International Scientific and Technical Conference "International Conference on Textile and Apparel Innovation ICTAI–2023".

В современных производственных условиях антистатическая обувь занимает определенную нишу в номенклатуре специальной обуви, технология производства и качество которой постоянно совершенствуется. Технологические процессы в ряде отраслей промышленности неизбежно сопряжены с образованием электростатического поля (ЭСП) (Кечиев и Пожидаев, 2005). Антистатическая обувь – это средство индивидуальной защиты от электростатических разрядов, которое не только не позволяет накапливаться электрическим зарядам на теле персонала, но и предохраняет персонал от воздействия электрического напряжения промышленной частоты. Использование антистатической обуви на производстве защищает дорогостоящее оборудование и материалы, обеспечивает безопасность жизни и здоровья людей. Заряд, накопившийся на теле человека в течение производственного процесса, может привести к выходу из строя чувствительных элементов оборудования, либо привести к взрыву или воспламенению (Swenson, 2015; Smallwood and Swenson, 2011). Несмотря на повышенное внимание к проблеме, электростатический заряд по-прежнему оказывает большое влияние на стоимость и качество продукции компаний.

Европейские промышленные эксперты оценивают ежегодную потерю денежных средств из-за статического электричества до 8 млрд долларов, а доля потерь изделий оценивается до 30 % от общего объема выпуска. В 27 % случаев причиной взрывов паровоздушных смесей на нефтегазоперерабатывающих предприятиях является статическое электричество.

Исследованию физических характеристик ЭСП посвящены многие работы (Belitskaya, et al., 2023; Белицкая и др., 2021; Белицкая и Костылева, 2022), но отсутствие в настоящее время физических моделей, позволяющих надежно прогнозировать показатели антистатических свойств обуви, характер поведения и стекания электростатических зарядов с тела человека, взаимодействие систем «человек – специальная обувь – напольное покрытие» делает актуальными дальнейшие разработки в данной области.

Моделирование ЭСП может быть полезным во многих областях, таких как электроника, электроэнергетика,

медицина, нефтегазоперерабатывающий комплекс и т. д. Например, в электронике моделирование ЭСП способствует проектированию и оптимизации электронных устройств, таких как микрочипы, транзисторы и диоды (Guo, Guo and Yu, 2014; Li, Yao, Zhao and Wang, 2020; Морозов, 2002). В медицине моделирование ЭСП может быть использовано для изучения воздействия электрических полей на ткани и органы человека, что может помочь в разработке новых методов лечения. Моделирование ЭСП в нефтегазоперерабатывающей отрасли возможно использовать для определения воздействия электростатических разрядов, с целью выявления оптимального расположения заземляющих элементов для снижения до безопасных величин напряженности ЭСП (Rahou, Tilmatine, Bilici and Dascalescu, 2013; Chowdhury et al., 2021). Кроме того, моделирование может использоваться для изучения влияния электростатических разрядов на окружающую среду, что содействует разработке мер по предотвращению негативных последствий.

Одним из методов моделирования является метод конечных элементов (МКЭ), который применяется для решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Он используется для моделирования различных конструкций, устройств и процессов во всех областях инженерных, производственных и научных исследований. МКЭ позволяет рассматривать цельную конструкцию как множество отдельных конечных элементов и проводить исследования технических характеристик проектируемых объектов без необходимости создания экспериментальных образцов и дорогостоящих натурных исследований.

Для моделирования МКЭ возможно использовать ПО COMSOL Multiphysics, которое применяется для решения сложных прикладный задач, включающих в себя несколько физических явлений, таких как механика, теплообмен, акустика, электромагнетизм (в том числе и расчет электрических полей) и др. Предварительное моделирование процессов, связанных с накоплением статического электричества на человеке, позволяет эффективнее планировать экспериментальные исследования, сокращает их объем и позволяет быстрее, эффективнее и точнее решать практические задачи, связанные с электростатической безопасностью.

Цель работы – разработка моделей, которые отражают корреляцию между ЭСП и потенциалом тела человека в системе «человек – специальная обувь – напольное покрытие».

Для решения этой задачи использовался программный комплекс COMSOL Multiphysics с модулем «Электростатика», ориентированный на проведение электростатических расчётов.

Основными параметрами, характеризующими ЭСП зарядов, являются напряженность ЭСП и потенциалы его отдельных точек.

В модуле «Электростатика» напряженность ЭСП определяется через электрический потенциал, соотношением:

$$\boldsymbol{E} = -\nabla \boldsymbol{V}, \quad (1)$$

где E – напряженность электростатического поля, кВ/м; V – электрический потенциал, В; ∇ – оператор «набла».

Для расчетов ЭСП в присутствии диэлектриков вводится электрическая индукция:

$$\boldsymbol{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \times \boldsymbol{E}, \quad (2)$$

где ε_0 – электрическая постоянная, равна $8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; ε – относительная диэлектрическая проницаемость; D – электрическая индукция, Кл/м^2.

Для вычислений используется закон Гаусса в виде следующего уравнения:

$$\nabla \boldsymbol{D} = \boldsymbol{\rho}, \quad (3)$$

где ρ – плотность пространственного заряда, Кл/м^3.

Уравнение (3) в общем виде описывает распределение ЭСП в пространстве.

Для плоскостного 2D-моделирования интерфейс COMSOL Multiphysics предполагает симметрию, при которой электрический потенциал изменяется только в направлениях x и y и постоянен в направлении z. Это означает, что электрическое поле E касается плоскости xy. При такой симметрии решается то же уравнение, что и в трехмерном случае.

Модуль «Электростатика» позволяет создавать модели электростатических систем с различными одномерными комбинациями, двумерных оболочек и трехмерных тел. Это возможно благодаря технологии на основе метода граничных элементов. Для моделей на основе МКЭ визуализировать рассчитанные поля можно с помощью графиков сечений, контурных графиков, графиков изоповерхностей, силовых линий, стрелочных диаграмм и т. д. Для обработки результатов при этом ис-

пользуется объёмная конечно-элементная сетка. Одно из ограничений заключается в том, что у всех моделей должны быть постоянные и изотропные свойства материала. Для электростатических расчетов, во всех рассматриваемых моделях относительная диэлектрическая проницаемость должна быть постоянной. При этом можно создавать модели, содержащие несколько областей с различной диэлектрической проницаемостью.

Рассмотрены три вида моделей:

Модель № 1 – человек без одежды;

Модель № 2 – человек в легкой одежде, материал с относительной диэлектрической проницаемостью ε = 2,4 и усредненной толщиной слоя = 0,5 см;

Модель № 3 – человек в легкой и теплой одежде, материал с относительной диэлектрической проницаемостью ε = 4,3 и усредненной толщиной слоя = 2,0–2,5 см.

Дополнительно выбраны следующие параметры: в помещении с размерами 5x5x3 м^3 находится человек ростом 170 см (вертикальная ось – 170 см, горизонтальная ось – 60–70 см; руки опущены вдоль тела), пол помещения заземлен, а тело человека является проводником, обувь с относительной диэлектрической проницаемостью ε = 3,5, потенциал на человеке варьируется от 0,1 до 30 кВ.

Типичные результаты моделирования (модель № 2) представлены на рисунке 1. Идентификация конкретных значений ЭСП соответствует цветовой шкале. Показано, что рост потенциала на теле человека приводит к увеличению значений напряженности ЭСП, которое происходит не равномерно, а возникающие локальные неоднородности обусловлены геометрией системы «человек – специальная обувь – напольное покрытие». При достижении электрического потенциала в 30 кВ в нижней части тела и в области ног величины напряженности ЭСП могут достигать значений 1400–1800 кВ/м (рисунок 2).

Характерные кривые, отражающие зависимости максимальных и усредненных значений напряжённости ЭСП на поверхности тела, растут пропорционально увеличению потенциала (рисунок 3). Средние значения достигают 18,2 кВ/м, а максимальные значения соответствуют 2200 кВ/м и превышают средние более чем в 100 раз при потенциале 30 кВ.

Объемное распределение напряжённости ЭСП при потенциале на теле 30 кВ представленное на рисунке 4, зависит от многих факторов, таких как форма и размеры тела человека, электрические свойства тканей и окружающей среды, а также наличие и характеристики источников электростатического заряда. Силовые линии ЭСП всегда незамкнуты: начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных зарядах. При этом, как и силовые линии других векторных полей, они не пересекаются и не касаются друг друга, а густота их тем больше, чем больше напряжённость ЭСП

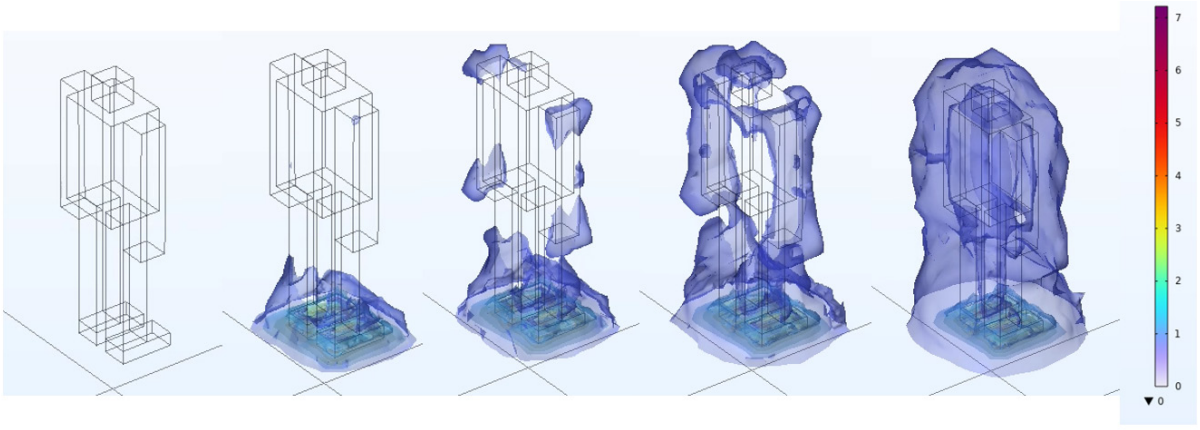


Рисунок 1 – Нарастание напряженности электростатического поля (кВ/м) при увеличении потенциала (кВ) на теле человека

Figure 1 – Increase in electrostatic field strength (kV/m) with human body potential (kV) raise

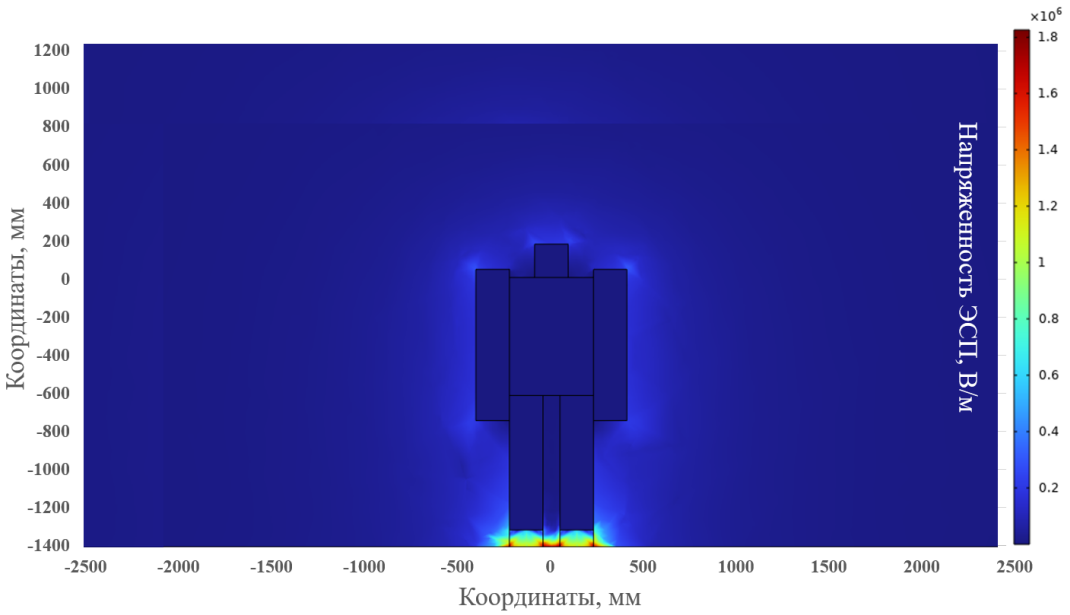


Рисунок 2 – Зависимость напряженности ЭСП от потенциала на человеке (фронтальное сечение)
Figure 2 – Dependence of the electrostatic field strength on a person potential (frontal section)

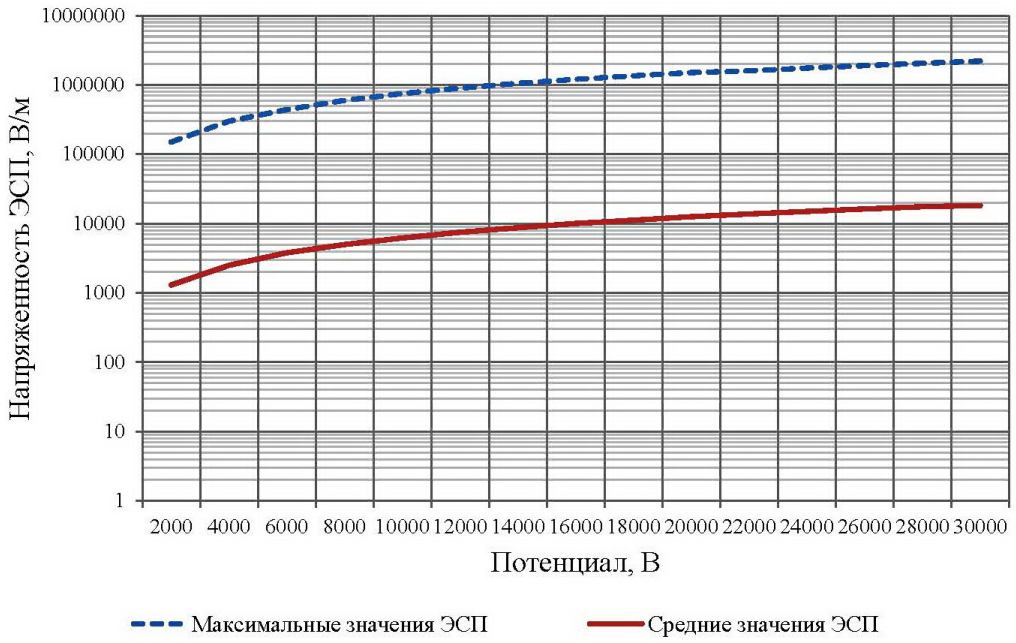


Рисунок 3 – Зависимости максимальных и средних значений напряжённости ЭСП на поверхности тела от потенциала
Figure 3 – Dependence of the maximum and average values of the electrostatic field strength on the body surface on the potential

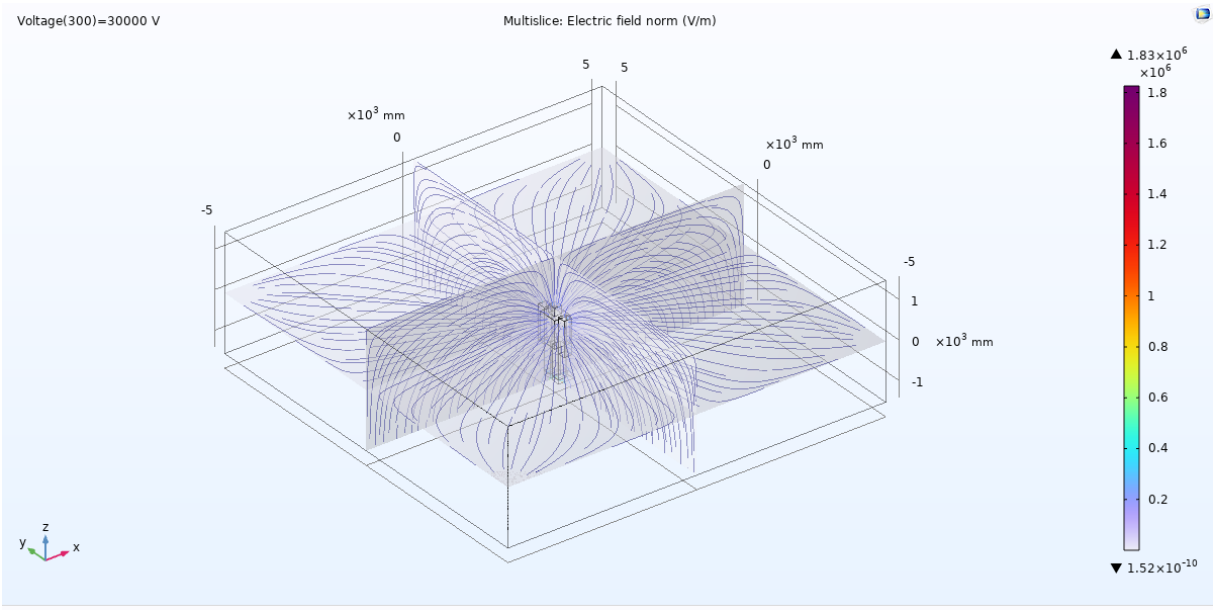


Рисунок 4 – Объемное распределение напряжённости ЭСП при потенциале на теле 30 кВ
Figure 4 – Volumetric distribution of electrostatic field strength at a body potential of 30 kV

в данном месте.

Таким образом, при моделировании параметров Модели № 2 выявлено, что ЭСП системы «человек – специальная обувь – напольное покрытие» максимально концентрируется в нижней части геометрии тела, т. е. в районе обуви. При этом напряженность ЭСП при потенциале на теле человека 30 кВ может достигать 1800 кВ/м.

При вычислениях с использованием параметров Модели № 1 получены следующие результаты – ЭСП системы «человек – специальная обувь – напольное покрытие» максимально концентрируется также в нижней части геометрии тела, т. е. в районе обуви. При потенциале 30 кВ напряженность ЭСП составляет до 700 кВ/м. В Модели № 2 напряжённость ЭСП на теле человека увеличивается более чем в 2,6 раза по сравнению с Моделью № 1, что говорит о несомненном влиянии одежды на величину электростатического заряда.

Результаты, полученные при использовании параметров Модели № 3 показали, что ЭСП также максимально концентрируется в районе обуви и при потенциале 30 кВ напряженность ЭСП составляет 1500 кВ/м. Соответственно, относительно Модели № 2 напряжённость ЭСП на теле человека при потенциале 30 кВ практически не изменилась, что говорит о незначительном влиянии толщины слоя одежды на теле человека на величину электростатического заряда и, следовательно, ЭСП.

Проведено моделирование ЭСП для случая, когда человек находился в том же заданном пространстве, но в другой позиции – с вытянутой рукой. На рисунке 5 показана «красная» зона в области ладони, которая соответствует максимальным значениям ЭСП. Полученные данные полностью согласуется с теорией и практикой, когда значения напряженности ЭСП заряженного предмета резко возрастают в области максимальной кривизны поверхности («эффект острия»).

Таким образом, с помощью методов математического моделирования в ПО COMSOL Multiphysics, проведен анализ взаимосвязи накопления электростатических зарядов на теле человека от электрического потенциала, наличия обуви и одежды с различной диэлектрической проницаемостью в системе «человек – специальная обувь – напольное покрытие». Выявлены следующие особенности:

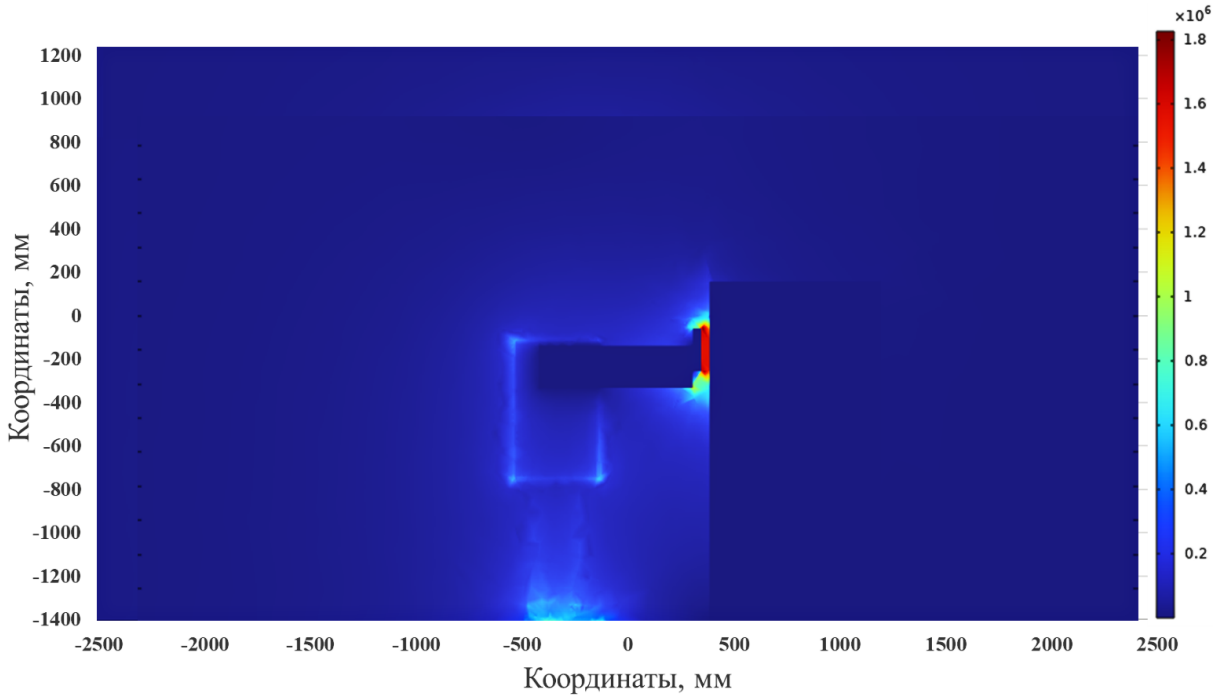


Рисунок 5 – Зависимость напряженности ЭСП от потенциала на человеке в сечении, человек в позиции с вытянутой рукой
Figure 5 – Dependence of the electrostatic field strength on the potential on the person in cross-section (a person in the position with an outstretched arm)

– величины напряженности ЭСП на поверхности тела (одежды) пропорциональны электрическому потенциалу человека;

– в реальных условиях ЭСП крайне неоднородно и значения напряженности на поверхности различных частей тела могут различаться на два порядка;

– представленный метод моделирования позволяет учитывать диэлектрические параметры материалов, варьировать толщину пакетов одежды и обуви.

Метод моделирования ЭСП с использованием программного комплекса COMSOL Multiphysics с модулем «Электростатика» может быть полезным при планировании экспериментальных исследований величин напряженности электростатического поля, образующийся вокруг человека, для оценки рисков возникновения электростатических зарядов, при разработке мер для снижения электростатической опасности на предприятиях при производстве и хранении легковоспламеняющихся материалов, электроники и пр., где статическое электричество, накопленное на персонале, может создать опасные ситуации и повлиять на качество и производительность процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Белицкая, О.А. Фокина, А.А. Рыкова, Е.С. Максимова, И.А. Конарева, Ю.С. (2021). Влияние климатических параметров на трибоэлектрические свойства материалов специальной обуви, *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 5 (395), С. 48–53.

Белицкая, О.А., Костылева, В.В. (2022). Установление корреляционных зависимостей антистатических показателей материалов для производства обуви специального назначения, *Промышленные процессы и технологии*, № 3 (5), С. 47–56.

Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. (2005). *Защита электронных средств от воздействия статического электричества*, Москва, Издательский Дом «Технологии», Российская Федерация.

Морозов, В.А. (2002). Моделирование электростатических полей с применением банков математических моделей и численных методов, *Известия высших учебных заведений. Электромеханика*, № 3. С. 3–5.

Belitskaya, O.A, Fokina, A.A., Belgorodskiy, V.S., Sokolovskiy, A.R., Panferova, E.G. (2023). Integral Assessment of Antistatic Properties of Materials Used in Individual Safety Gear, *Materials Science Forum*, № 1085, pp. 101–106.

Chowdhury, F., Ray, M., Passalacqua, A., Mehrani, P., Sowinski, A. (2021). Evaluating the electrostatic charge transfer model for particle-particle interactions, *Journal of Electrostatics*, № 112, pp. 5–9.

Guo, B.Y., Guo, J., Yu, A.B. (2014). Simulation of the electric field in wire-plate type electrostatic precipitators, *Journal of Electrostatics*, Issue 4, pp. 301–310.

Li, J., Yao, J, Zhao, Y., Wang, C-H (2020). Large eddy simulation of electrostatic effect on particle transport in particle-laden turbulent pipe flows, *Journal of Electrostatics*, Volume 109, pp. 199–207.

Rahou, F., Tilmatine, A., Bilici, M., Dascalescu, L. (2013). Numerical simulation of the continuous operation of a tribo-aero-electrostatic separator for mixed granular solids, *Journal of Electrostatics*, Issue 5, pp. 867–874.

Smallwood, J., Swenson, D.E. (2011). Evaluation of performance of footwear and flooring systems in combination with personnel using voltage probability analysis, *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 301, pp. 145–152.

Swenson, D.E. (2015). Footwear and flooring: charge generation in combination with a person as influenced by environmental moisture, *Journal of Physics Conference Series*, Volume 646, pp. 273–281.

REFERENCES

Belitskaya, O.A. Fokina, A.A. Rykova, E.S. Maksimova, I.A. Konareva, Yu.S. (2021). The influence of climatic parameters on the triboelectric properties of special footwear materials [Vliyaniye klimaticheskikh parametrov na triboelektricheskiye svoystva materialov spetsial'noy obuvi], *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 5 (395), pp. 48–53 (in Russian).

Belitskaya, O.A., Kostyleva, V.V. (2022). Establishment of correlation dependencies of antistatic indicators of materials for the production of special-purpose footwear [Ustanovleniye korrelyatsionnykh zavisimostey antistaticheskikh pokazateley materialov dlya proizvodstva obuvi spetsial'nogo naznacheniya], *Promyshlennyye protsessy i tekhnologii = Industrial processes and technologies*, № 3 (5), pp. 47–56 (in Russian).

Kechiev, L.N., Pozhidaev, E.D. (2005). *Protection of electronic devices from the effects of static electricity* [Zashchita elektronnykh sredstv ot vozdeystviya staticheskogo elektrichestva], Moscow, Publishing House «Technology», Russian Federation (in Russian).

Morozov, V.A. (2002). Modeling of electrostatic fields using banks of mathematical models and numerical methods [Modelirovaniye elektrostaticheskikh poley s primeneniyem bankov matematicheskikh modeley i chislennykh metodov], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Elektromekhanika = News of higher educational institutions. Electromechanics*, No. 3. P. 3–5 (in Russian).

Belitskaya, O.A., Fokina, A.A., Belgorodskiy, V.S., Sokolovskiy, A.R., Panferova, E.G. (2023), Integral Assessment of Antistatic Properties of Materials Used in Individual Safety Gear, *Materials Science Forum*, No. 1085, pp. 101–106.

Chowdhury, F., Ray, M., Passalacqua, A., Mehrani, P., Sowinski, A. (2021). Evaluating the electrostatic charge transfer model for particle-particle interactions, *Journal of Electrostatics*, No. 112, pp. 5–9.

Guo, B.Y., Guo, J., Yu, A.B. (2014). Simulation of the electric field in wire-plate type electrostatic precipitators, *Journal of Electrostatics*, Issue 4, pp. 301–310.

Li, J., Yao, J, Zhao, Y., Wang, C-H (2020). Large eddy simulation of electrostatic effect on particle transport in particle-laden turbulent pipe flows, *Journal of Electrostatics*, Volume 109, pp. 199–207.

Rahou, F., Tilmatine, A., Bilici, M., Dascalescu, L. (2013). Numerical simulation of the continuous operation of a tribo-aero-electrostatic separator for mixed granular solids, *Journal of Electrostatics*, Issue 5, pp. 867–874.

Smallwood, J., Swenson, D.E. (2011). Evaluation of performance of footwear and flooring systems in combination with personnel using voltage probability analysis, *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 301, pp. 145–152.

Swenson, D.E. (2015). Footwear and flooring: charge generation in combination with a person as influenced by environmental moisture, *Journal of Physics Conference Series*, Volume 646, pp. 273–281.

Информация об авторах | Information about the authors

Белицкая Ольга Александровна
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Российская Федерация.
E-mail: belitskaya-oa@rguk.ru

Olga A. Belitskaya
Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor, Head of Department, Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art), Russian Federation.
E-mail: belitskaya-oa@rguk.ru

УДК 685.34.03 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-53-63

Термопластичные материалы для задников обуви

Цобанова Н.В.
Борозна В.Д.
Буркин А.Н.

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Аннотация. Актуальность. Обувь является предметом повседневного потребления, к качеству, комфорту и безопасности которой потребители предъявляют повышенные требования. Особое внимание уделяется детской обуви, так как из-за неправильно подобранной или некачественной обуви у детей могут наблюдаться отклонения в развитии костно-мышечной системы. Согласно ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» одним из требований безопасности обувных изделий определено требование к конструкции пяточной части обуви. Одним из способов фиксация пяточной части стопы в обуви является применение жесткого задника.

В настоящее время наиболее популярными и часто используемыми материалами для каркасных деталей, применяемых на обувных предприятиях Республики Беларусь, наряду с картонами являются термопластичные материалы (ТПМ). При использовании зарубежных ТПМ на обувных предприятиях Республики Беларусь часто руководствуются предложениями изготовителя, которые носят лишь рекомендательный характер. В связи с этим актуальным стал вопрос применения ТПМ, об эксплуатационных характеристиках которых почти ничего не известно. Таким образом, возникает необходимость в исследовании стандартных физико-механических и деформационно-прочностных свойств современных материалов для задников обуви.

Цель исследования получение новых сведений о структуре и физико-механических, деформационных и прочностных свойствах современных ТПМ, применяемых при изготовлении обуви, в том числе и в детской.

Методы исследований – стандартные методики испытаний при исследовании физико-механических, прочностных и деформационных свойств для жёстких искусственных кож.

Результаты работы – предложен перечень показателей для оценки физико-механических, прочностных и деформационных свойств ТПМ и методы их исследования.

Ключевые слова: термопластичные материалы, обувь, задник, свойства, оценка качества.

Информация о статье: поступила 04 марта 2024 года.

Thermoplastic materials for shoe counters

Nadezhda V. Tsobanova
Vilia D. Borozna
Alexander N. Burkin

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

Abstract. Relevance. Footwear, a common consumer product, is subject to increasing demand for quality, comfort and safety. Children's footwear, in particular, requires careful attention as improperly selectin or poor-quality shoes can lead to abnormalities in the development of musculoskeletal system. According to TR TS 007/2011 "On the safety of products intended for children and adolescents" one of the safety requirements for footwear products is the design of the heel part of the shoe. One method to secure the heel part of the foot in shoes is the use of a rigid counter.

Currently, the most popular materials frequently used for the frame parts in the footwear industry of Belarus are leather cardboard and thermoplastic materials (TPM). When using TPMs manufactured abroad, Belarusian footwear enterprises often follow manufacturer's recommendations, which are merely advisory. Consequently, the application of TPMs and their performance characteristics, which are almost unknown, has become a pertinent issue. This highlights the need to study the standard physical-mechanical and deformation-strength properties of advanced materials for shoe counters.

The purpose of the study is to gather new information about the structure and physical-mechanical, deformation and strength properties of advanced TPMs used in the manufacture of footwear, including children's shoes.
Research methods employed are standard methods of evaluation of physical-mechanical, strength and deformation properties for rigid artificial leathers.
Results of work propose a list of indicators for assessing the physical-mechanical, strength and deformation properties of TPMs and methods of their evaluation.
Keywords: thermoplastic materials, footwear, counter, properties, quality assessment.
Article info: received March 4, 2024.

Введение

Обувь является предметом повседневного потребления, к качеству, комфорту и безопасности которого потребители предъявляют повышенные требования (Л.Ф. Власенко, 2015). Особое внимание уделяется детской обуви, так как из-за неправильно подобранной или некачественной обуви у детей могут наблюдаться отклонения в развитии костно-мышечной системы, что проявляется в виде сколиоза, плоскостопия, остеохондропатии различной локализации (К.Л. Игнатова, Ю.С. Конарева, О.А. & Белицкая, 2022). Проведено множество исследований, посвящённых изучению влияния конструкции обуви на развитие детской стопы (Cylie M. Williams 2022; Yuan Wang et al., 2023; Caleb Wegener et al., 2011; Stewart C. Morrisonl et al., 2018; Poul J, Fait M, 1975). Однако понимание того, как обувь и свойства материалов, из которых она изготовлена (например, жесткость задника), влияют на развитие растущей стопы, практически отсутствует.

В Республике Беларусь предъявляют строгие требования к безопасности производимых и импортируемых из-за границы детских товаров. Все детские товары, поступающие на белорусский рынок, должны проходить процедуру обязательной сертификации на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков». В данном техническом нормативном правовом акте строго регламентированы требования безопасности, к которым относят требования к применяемым материалам, требования к конструкции, требования к биологической, механической и химической безопасности.

Особое внимание уделяется товарам, которые непосредственно контактируют с детьми, к ним относят и обувь (Е.А. Шеремет, М.В. Шевцова, 2020). Согласно ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков»[1] одним из требований безопасности обувных изделий определено требование к конструкции пяточной части обуви. В пункте 3 статьи 6 ТР ТС 007/2011 указывается, что в обуви для детей в возрасте от 3 до 7 лет недопустима нефиксированная пяточная часть. Фиксированная пяточная часть позволяет обеспечить устойчивое положение ребенка при ходьбе и беге, являясь гарантией безопасности. Одним из способов фиксации пяточной части стопы в обуви является применение жесткого задника (Н.В. Цобанова, 2022).

Эксплуатационные и потребительские свойства обуви в пяточной части в значительной степени определяются качеством материалов, применяемых для изготовления задников. Из-за потери каркасности задника, т. е. уплощения, заминов и других деформаций, обувь в пяточной части приобретает неудовлетворительный вид и теряет форму. Поэтому вопрос обеспечения требуемого качества материалов для задников является актуальным.

В настоящее время наиболее популярными и часто используемыми материалами для каркасных деталей, применяемых на обувных предприятиях Республики Беларусь, являются картоны и термопластичные материалы (ТПМ) (И.Ш. Абдуллин et al., 2014; Р.Н. Томашева, 2021; П.Г. Деркаченко & М.В. Шевцова, 2016).

Качество обувных картонов оценивают в соответствии с ГОСТ 9542-82 «Картон обувной и детали обуви из него. Общие технические условия»[2], согласно которому

[1] О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков: ТР ТС 007/2011: принят 23.09.2011: вступ. в силу 01.06.2012/ Евраз. экон. комис. – Минск : Экономэнерго, 2012. – 60 с.

[2] Картон обувной и детали обуви из него. Общие технические условия : ГОСТ 9542-82. – Введ.01.01.96. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 16 с.

определяют следующие показатели: плотность, жесткость при статическом изгибе, предел прочности при растяжении после замачивания в воде, относительное удлинение при растяжении в сухом состоянии, намокаемость, изменение линейных размеров при увлажнении или высушивании, гигроскопичность, влагоотдача, влажность, истираемость во влажном состоянии, формуемость и формоустойчивость. Для методов их определения действует отдельный стандарт ГОСТ 9186-76 «Картон обувной и детали из него. Правила приемки и методы испытаний»[3], в котором представлено краткое описание методов испытаний и ссылки на стандарты с полной методикой проведения испытаний. Для данных материалов разработаны и стандартизированы нормы показателей свойств и методы их оценки в отличие от ТПМ. На данный момент в Национальном фонде ТНПА отсутствуют нормативные документы, устанавливающие требования к показателям и методам оценки качества ТПМ для задников обуви.

При использовании зарубежных ТПМ на обувных предприятиях Республики Беларусь часто руководствуются предложениями изготовителя, которые носят лишь рекомендательный характер. В литературных источниках содержатся сведения о ТПМ для задников обуви, которые либо вообще не применяются в производстве, либо используются в небольшом количестве. В связи с этим актуальным является исследование физико-механических и прочностных свойств ТПМ, о которых почти ничего не известно, а также разработка рекомендаций по перечню показателей свойств, предлагаемых для оценки физико-механических и прочностных свойств ТПМ, и методов их оценки. В связи с выше сказанным целью данной работы является получение новых сведений о структуре и физико-механических, деформационных и прочностных свойствах современных ТПМ, применяемых при изготовлении обуви, в том числе и в детской, для получения базовых значений показателей свойств для использования при комплексной оценке качества ТМП.

Методы и средства исследований

При исследовании ТПМ для задников прежде всего их необходимо рассматривать с точки зрения физико-механических свойств. В национальном фонде ТНПА Республики Беларусь отсутствуют нормативные документы на испытания физико-механических, прочностных и деформационных свойств ТПМ. Так как ТПМ можно рассматривать как жесткую искусственную кожу, то в работе использовались методики оценки физико-механических, прочностных и деформационных свойств для искусственных кож.

Для данных материалов предлагается исследовать следующие физико-механические свойства: толщину, мм; твердость, усл. ед.; плотность, г/м^3; поверхностную плотность, г/м^2; разрывную нагрузку, P_p, Н; предел прочности при разрыве, σ_p, МПа; относительное удлинение при разрыве, ε_p, %; условное усилие P_y, Н; условное относительное удлинение ε_y при P_y, %; условный модуль упругости, E_y, МПа; условный модуль жесткости D_y, Н.

Толщину определяют по ГОСТ 17073-71 «Кожа искусственная. Метод определения толщины и массы 1м^2»[4] контактным методом. Для этого используют толщиномер типа ТН 10–60 с диапазоном измерения от 0 до 10 мм, ценой деления 0,01 мм и погрешностью на всем диапазоне ±0,018 мм с диаметром измерительной площадки 10 мм. Перед испытанием образцы выдерживаются в нормальных условиях не менее 24 часов. Удельное давление измерительной площадки толщиномера на образец должно составлять (0,5–1,5) · 10^4 Па.

Определение твердости ведется по ГОСТ 263-53[5] с помощью игольчатого твердомера по Шору А МТ 340 с диапазоном измерения от 0 до 100 усл. ед., с ценой деления равной 1 усл. ед. и погрешностью измерения ±1 усл. ед. Сущность метода заключается в погружении в образец закрепленной иглы с последующим измерением глубины её погружения. Твердость каждого образца проверяется в пяти точках. За результат испытания принимается среднеарифметическое значение по пяти измерениям.

Поверхностная плотность определяется на образцах с линейными размерами 40х40 мм. Линейные размеры образцов определены по ГОСТ 17073-71 с помощью

[3] Картон обувной и детали обуви из него. Правила приемки и методы испытаний : ГОСТ 9186-76. – Введ.01.01.77. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 8 с.

[4] Обувь. Методы определения толщины: ГОСТ 17073-71. – Введ. 01.07.72. – М.: Издательство стандартов.1975. – 6 с.

[5] Резина. Методы определения твердости по Шору А: ГОСТ 263-75. – Введ.01.01.77. – М.: Издательство стандартов,1975. – 6 с.

металлической измерительной линейки (ГОСТ 427-75[6]) с ценой деления 1 мм и толщиномера типа ТН 10-60 (ГОСТ 11358-89[7]) с точностью 0,01 мм при давлении измерительной площадки на образец (0,5–1,5) · 10^4 Па. Масса элементарных проб измерялась на весах RADWAG AS220/C/2 с погрешностью не более 0,5 мг. За результат определения поверхностной плотности образца принимается значение, округленное до 1 г/м^2. Определение деформации и прочности термопластических материалов для задников при одноосном растяжении производят по методике, описанной в ГОСТ 17316-71 «Кожа искусственная мягкая. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве»[8].

Исследования механических свойств ТМП проводят с помощью разрывной машины РТ-250М на образцах прямоугольной формы 140х20 мм с рабочей частью 100х20 мм со скоростью перемещения нижнего зажима 50 мм/мин. Элементарные пробы выкраивали вдоль рулона по два образца в соответствии с направлением раскроя материала на производстве. При испытании материалов определили следующие характеристики:

– разрывная нагрузка, P_p – наибольшее усилие в ньютонах, которое выдерживает образец в момент разрыва;

– разрушающее напряжение или предел прочности, σ_p, МПа, которое определяется отношением нагрузки при разрыве P_p к площади поперечного сечения образца F до начала испытаний, мм^2.

Упругие свойства материалов характеризуются условным модулем упругости. Для ТПМ условный модуль упругости E_y определяется при условии, что условная относительная нагрузка P_y = 0,4 P_p (В. К. Смелков, 2005).

По условной нагрузке P_y дополнительно определяли также показатели, характеризующие упругие свойства материалов, т. е. условный предел прочности σ_y, относительное условное удлинение ε_y, условный модуль упругости E_y и условную жесткость D_y по формулам:

$$\sigma_y = \frac{0{,}4P_y}{F}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_y = \frac{\Delta l_y}{l_{раб}} \cdot 100, \quad (2)$$

$$E_y = \frac{\sigma_y}{\varepsilon_y} \cdot 100, \quad (3)$$

$$D_y = E_y \cdot F, \quad (4)$$

где P_y – условная разрывная нагрузка, Н; F – площадь поперечного сечения образца до испытаний, м^2; Δl_y – условное абсолютное удлинение при действии нагрузки, равной 0,4P_p, мм; $l_{раб}$ – рабочая длина образца, мм; σ_y – предел прочности при P_y, МПа; ε_y – относительное удлинение при P_y, %.

Исследование структуры термопластичных материалов для задников проводили методом микроскопии материала в отраженном и проходящем свете с помощью стереомикроскопа «BestScope BS 3040» с камерой-планшетом BCL-350, снабженного программным обеспечением для получения и обработки изображения.

Результаты исследований

Для проведения исследований были выбраны следующие термопластичные материалы в качестве задников для обуви: BITERM – 327; BITERM – 330; FLEXAN 31/OP; Tenopren 120, EMSAN; FOHESYAL I; Technopcan 120. Общая характеристика выбранных ТПМ приведена в таблице 1. Микрофотографии структуры поверхности ТПМ для задников обуви представлены на рисунке 1.

Результаты исследования и расчета показателей физико-механических свойств ТПМ для задников представлены в таблице 2.

Результаты исследования основных деформационных и прочностных показателей ТПМ представлены в таблице 3 (усредненные значения по шести образцам).

Для дополнительной оценки способности материалов формоваться получены значения условного модуля упругости и условной жесткости (таблица 4). Известно, что чем выше у материала значения условного модуля упругости и жесткости, тем меньше его деформация, а, следовательно, выше его способность сопротивляться

[6] Линейки измерительные металлические. Технические условия: ГОСТ 427-75: Взамен 427-56. – Введ. 01.01.77. – М.: Стандартинформ, 2007. – 5с.

[7] Толщиномеры и стенкомеры индикаторные с ценой деления 0,01 и 0,1 мм. Технические условия: ГОСТ 11358-89 : Взамен ГОСТ 11358-74, ГОСТ 11951-85. – Введ. 01.01.90. – М.: Стандартинформ, 2005. – 6с.

[8] Кожа искусственная. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве: ГОСТ 17316-71. – Введ. 01.01.73. – М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 1973. – 7с.

Таблица 1 – Характеристика термопластических материалов для задников
Table 1 – Characteristics of thermoplastic materials for shoe counters

Наименование материала	Толщина материала, мм	Вид основы	Характеристика термоклеевого покрытия
BITERM-327	1,25	тканое полотно	двухстороннее
FLEXAN 31/OP	0,79	тканое полотно	одностороннее
Tenopren 120	1,22	тканое полотно	одностороннее с пропиткой
EMSAN	1,22	нетканое полотно	двухстороннее
FOHESYAL I	0,76	нетканое полотно	одностороннее
BITERM-330	1,22	тканое полотно	двухстороннее
Technopcan 120	1,27	нетканое полотно	двухстороннее



а) BITERM-327; б) FLEXAN 31/OP; в) Tenopren 120; г) EMSAN; д) FOHESYAL; е) BITERM-330; ж) Technopcan
Рисунок 1 – Микрофотографии поверхности ТПМ с увеличением 30ˣ
a) BITERM-327; b) FLEXAN 31/OP; c) Tenopren 120; d) EMSAN; e) FOHESYAL; f) BITERM-330; g) Technopcan
Figure 1 – Microphotographs of the TPM surface at 30x magnification

Таблица 2 – Показатели физико-механических свойств ТПМ для задников
Table 2 – Indicators of physical and mechanical properties of TPM for shoe counters

Наименование материала	Толщина материала, мм	Плотность, г/см^3	Поверхностная плотность, г/м^2	Твердость, усл. ед.
BITERM-327	1,25	0,71	88,6	93
FLEXAN 31/OP	0,79	0,98	77,5	93
Tenopren 120	1,22	0,86	104,3	90
EMSAN	1,22	0,72	87,9	97
FOHESYAL I	0,76	0,82	62,2	95
BITERM-330	1,22	0,72	88,4	93
Technopcan 120	1,27	0,69	89,9	95

Таблица 3 – Показатели деформационных и прочностных свойств ТПМ для задников
Table 3 – Indicators of deformation and strength properties of TPM for shoe counters

Наименование материала	Разрывная нагрузка, Н	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
BITERM-327	290,0	11,6	28,5
FLEXAN 31/OP	320,0	20,3	21,0
Tenopren 120	287,5	11,8	28,8
EMSAN	201,0	8,2	27,5
FOHESYALI	107,0	7,0	26,0
BITERM-330	306,5	12,6	16,0
Technopcan 120	270,5	10,7	30,5

Таблица 4 – Дополнительные показатели физико-механических свойств ТПМ для задников обуви
Table 4 – Additional indicators of physical and mechanical properties of TPM for shoe counters

Наименование материала	Условное усилие P_y, Н	Условное относительное удлинение ε_y при P_y, %	Условный предел прочности σ_y, МПа	Условная жесткость D_y, Н	Условный модуль упругости E_y, МПа
BITERM-327	116,0	8,3	4,6	1407,0	56,3
FLEXAN 31/OP	128,0	7,3	8,1	1768,0	111,9
Tenopren 120	115,0	8,5	4,7	1355,5	55,6
EMSAN	80,5	7,0	3,3	1150,0	47,1
FOHESYALI	42,5	5,0	2,8	850,0	55,9
BITERM-330	122,5	5,3	5,1	2442,5	100,1
Technopcan 120	108,0	4,3	4,2	2543,0	100,2

внешним и внутренним воздействиям в процессе носки обуви.

Анализ результатов

На основе анализа микрофотографий структуры можно сделать следующие выводы: Biterm 327, Biterm 330 представляет собой композиционный ТПМ, изготовленный с использованием тканой основы и имеющий термоклеевое покрытие с двух сторон. Technopcan 120, Emsan представляют собой композиционные термопластичные материалы, изготовленные с использованием нетканых материалов, имеющих термоклеевое покрытие с обеих сторон. FLEXAN 31/OP, Tenopren 120, Fohesyali относятся к композитам, в которых расплавленная термопластичная масса соединена с тканой основой только с одной стороны.

Следует отметить, что все исследуемые ТПМ имеют высокий процент термоклеевого покрытия, предположительно производимого по технологии «коэкструзии» (многослойная экструзия).

Анализ физико-механических свойств ТПМ свидетельствует о том, что исследуемые материалы имеют приблизительно одинаковую твердость независимо от толщины материала. Наименьшее значение твердости 90 усл. ед. имеет образец Tenopren 120, а наибольшее значение твердости 97 усл. ед. у образца EMSAN. Следует отметить, что толщина не влияет на плотность и поверхностную плотность материалов в рассматриваемой группе образцов. Наименьшую плотность имеют образцы BITERM-327 (0,71 г/см^3), EMSAN (0,72 г/см^3), BITERM-330 (0,72 г/см^3), наибольшей плотностью обладает ТПМ артикула FLEXAN 31/OP – 0,98 г/см^3.

Анализируя данные таблицы 3, можно отметить, что ТПМ марок FLEXAN 31/OP, BITERM-327 и BITERM-330 имеют наибольшую разрывную нагрузку. Это объясняется наличием тканой основы и двухстороннего термоклеевого покрытия, меньшей жёсткостью материала. Образец ТПМ марки FOHESYAL I имеет наименьшее значение разрывной нагрузки (107 Н), что объясняется рыхлой структурой сетчатой нетканой основы. У остальных материалов значение разрывной нагрузки колеблется от 200 Н до 290 Н. В целом значение предела прочности достаточно высокое. У большинства материалов значение предела прочности изменяется от 7,0 МПа до 20,3 МПа. Наименьший показатель прочности у ТПМ марок EMSAN (8,2 МПа), FOHESYAL I (7,0 МПа), а наибольший у материала марки FLEXAN 31/OP (20,3 МПа). Почти все исследуемые ТПМ имеют относительное удлинение при разрыве в пределах 21–31 %, что значительно выше, чем у материала BITERM-330. Относительное удлинение данного ТПМ почти в 2 раза ниже значения других материалов. Это объясняется тем, что материал BITERM-330 имеет более рыхлую структуру нетканой основы.

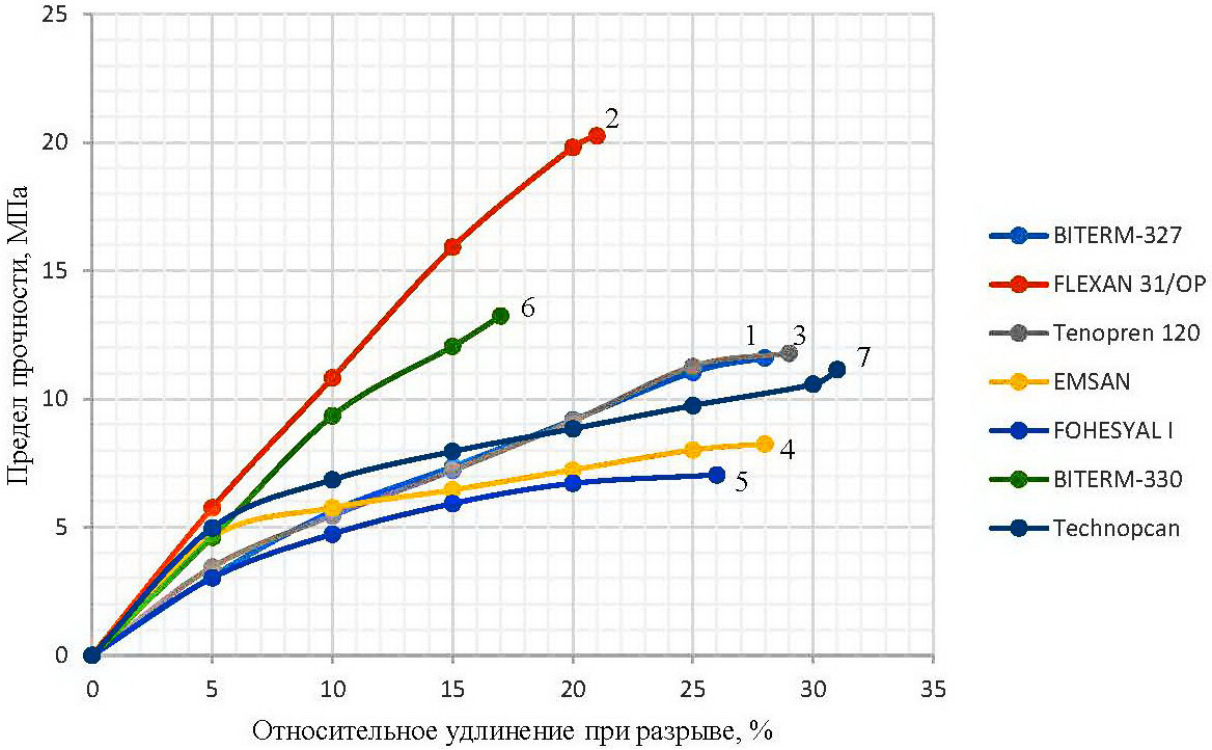
Графики зависимости предела прочности от относительного удлинения при одноосном растяжении представлены на рисунке 2. Указанные выше графики аппроксимируются по полиномиальной зависимости. Коэффициент детерминации (R^2) находится в пределах от 0,93 до 0,99, что доказывает высокую степень достоверности аппроксимирующей функции.

Анализируя полученные зависимости необходимо отметить, что материалы, имеющие схожую структуру или технологию получения, одинаково деформируются. На участке деформирования от 0 до 5 % для всех исследуемых материалов наблюдается прямая зависимость напряжения от деформации, что говорит о том, что материалы на данном участке подчиняются закону Гука. На участке от 5–25 % у материалов BITERM-327, Tenopren 120, EMSAN, FOHESYALI, Technopcan 120 наблюдается пластическая деформация. У материалов FLEXAN 31/OP и BITERM-330 пластическая деформация наблюдается на участках (5–20 %) и (5–15 %) соответственно.

Исследования показали, что наиболее жесткими являются ТПМ марок BITERM-327, FLEXAN 31/03, Tenopren 120, BITERM-330, Technopcan 120, имеющие двухстороннее термопокрытие. Наименьшую условную жесткость имеет ТПМ марки FOHESYALI, что объясняется структурой материала. Из данных таблиц 1–4 можно сделать вывод, что практически все материалы, кроме EMSAN, FOHESYALI, обладают высокой прочностью, жесткостью, твердостью.

Выводы

В заключение необходимо отметить, что современные ТПМ для задников обуви обладают хорошей формуемостью и формоустойчивостью, достаточной жесткостью, а также высокой прочностью, что подтверждается в проведенных ранее работах (П.Г. Деркаченко & А.Н. Буркин, 2015; Ю.В. Милюшкова & С.Л. Фурашова, 2019). Однако остаётся открытым вопрос о разработке нормативных требований к ТПМ для задников обуви, в особенности для детской. В ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» не указываются требования к материалам, применяемым в качестве задников детской обуви. Не известно, какой жесткостью, твердостью должен обла-



1 – BITERM-327; 2 – FLEXAN 31/OP; 3 – Tenopren 120; 4 – EMSAN; 5 – FOHESYALI; 6 – BITERM-330; 7 – Technopcan 120

Рисунок 2 – Графики зависимости предела прочности от относительного удлинения при разрыве ТМП

Figure 2 – Graphs of dependence of tensile strength on relative elongation at break of TMPs

дать задник в детской обуви для её комфортной носки.

Также хотелось бы отметить, что в настоящее время в Национальном фонде ТНПА отсутствуют стандартизованные методы измерения физико-механических, деформационных и прочностных свойств ТПМ для задников обуви. Возникает необходимость в разработке методов оценки свойств ТПМ и проведении исследований по установлению норм показателей качества, которые обеспечат безопасность и комфортные условия носки обуви. Авторами статьи предлагается для оценки выше указанных свойств использовать перечень показателей и методы их оценки, применяемый для исследования жестких искусственных кож.

Проведенные исследования показали, что современные ТПМ с условной жесткостью от 850 Н до 2500 Н, твердостью от 90 усл. ед. и до 97 усл. ед., пределом прочности от 7 МПа до 20 МПа, относительным удлинением при разрыве от 16 % до 30 % могут использоваться в качестве материалов для задников обуви, обеспечивая достаточную формоустойчивость пяточной части обуви. Выявлено, что методики испытаний, предлагаемые для искусственных кож, могут быть реализованы для ТПМ без изменений. При комплексной оценке качества ТПМ в качестве базовых значений показателей предложено использовать следующие: толщина; плотность; поверхностная плотность; твердость, разрывная нагрузка, предел прочности при растяжении, относительное удлинение при разрыве, условное усилие, условное относительное удлинение, условный предел прочности, условная жесткость, условный модуль упругости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Абдуллин, И.Ш., Ибрагимов, Р.Г., Музафарова, Г.Ш., Саматова, Э.М. (2014). Композиционные материалы и их применение в обувном производстве, *Вестник Казанского технологического университета*, № 19, pp. 150–153.

Власенко, Л.Ф. (2015). Особенности формирования потребительских свойств и показателей качества обувных товаров. *Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики*, № 1, pp. 189–193.

Деркаченко, П.Г., Буркин, А.Н. (2015). Исследование физико-механических свойств современных термопластичных материалов для задников обуви, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 (29), pp. 13–20.

Деркаченко, П.Г., Шевцова, М.В. (2016). Применение термопластичных материалов в производстве обуви, *Союз науки и практики: актуальные проблемы и перспективы развития товароведения*, pp. 17–22.

Игнатова, К.Л., Конарева, Ю.С., Белицкая, О.А., (2022). Формирование требований к качеству и разработка номенклатуры показателей качества обуви для детей школьного возраста, *Костюмология*, vol. 7, № 2, pp. 1–12.

Милюшкова, Ю.В., Фурашова, С.Л. (2019). Оценка формуемости термопластических материалов для задников и подносков в обуви, *Материалы и технологии*, № 1 (3), pp. 49–53.

Смелков, В.К. (2005). *Материаловедение*. Витебск: УО «ВГТУ», Республика Беларусь.

Томашева, Р.Н. (2021). *Материалы для обуви*. Витебск: УО «ВГТУ», Республика Беларусь.

Цобанова, Н.В. (2022). Анализ требований нормативной документации к каркасным деталям дошкольной обуви, *Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*, vol. 2, pp. 254–256.

Шеремет, Е.А., Шевцова, М.В. (2020). Оценка безопасности детской обуви – состояние и проблемы, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 (39), pp. 98–107.

Caleb Wegener, Adrienne E Hunt, Benedicte Vanwanseele, Joshua Burns and Richard M Smith, (2011). Effect of children's shoes on gait: a systematic review and meta-analysis, *Journal of Foot and Ankle Research*, vol. 4:3, pp. 1–13.

Cylie M. Williams, Helen A. Banwell, Kade L. Paterson, Katherine Gobbi, Sam Burton, Matthew Hill, Emma Harber and Stewart C. Morrison (2022). Parents, health professionals and footwear stakeholder's beliefs on the importance of different features of young children's footwear: a qualitative study, *Journal of Foot and Ankle Research*, vol. 15:73, pp. 1–9.

Poul J., Fait M. (1975). Ověrení vhodnosti dětské obuvi s volnou patní částí [Verification of suitability of the child shoes with open heel part (author's transl)]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. № 42 (5), pp. 479–481.

Stewart C. Morrisonl, Carina Price, Juliet McClymont and Chris Nester (2018). Big issues for small feet: developmental, biomechanical and clinical narratives on children's footwear, *Journal of Foot and Ankle Research*, vol. 11:39, pp. 1–5.

Yuan Wang, Hanhui Jiang, Lin Yu, Zixiang Gao, Wei Liu, Qichang Mei and Yaodong Gu (2023). Understanding the Role of Children's Footwear on Children's Feet and Gait Development: A Systematic Scoping Review, *Healthcare*, vol. 11, pp. 1–14.

REFERENCES

Abdullin, I.Sh., Ibragimov, R.G., Muzafarova, G.Sh., Samatova, E.M. (2014). Composite materials and their application in footwear production [Kompozicionnye materialy i ih primenenie v obuvnom proizvodstve], *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Kazan Technological University*, № 19, pp. 150–153 (In Russian).

Vlasenko, L.F. (2015). Features of formation of consumer properties and quality indicators of footwear goods [Osobennosti formirovaniya potrebitel'skih svojstv i pokazatelej kachestva obuvnyh tovarov]. *Fundamental'ny i prikladnye issledovaniya kooperativnogo sektora ekonomik = Fundamental and applied research of the cooperative sector of economies*, № 1, pp. 189–193 (In Russian).

Derkachenko, P.G., Burkin, A.N. (2015). Research of physical and mechanical properties of modern thermoplastic materials for shoe backs [Issledovanie fiziko-mekhanicheskih svojstv sovremennyh termoplastichnyh materialov dlya zadnikov obuvi], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik Vitebsk State Technological University*, № 2 (29), pp. 13–20 (In Russian).

Derkachenko, P.G., Shevtsova, M.V. (2016). Application of thermoplastic materials in the production of footwear [Primenenie termoplastichnyh materialov v proizvodstve obuvi,], *Soyuz nauki i praktiki: aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya tovarovedeniya = Union of science and practice: current problems and prospects for the development of commodity science*, pp. 17–22 (In Russian).

Ignatova, K.L., Konareva, Yu.S., Belitskaya, O.A. (2022). Formation of quality requirements and development of a nomenclature of shoe quality indicators for school-age children [Formirovanie trebovanij k kachestvu i razrabotka nomenklatury pokazatelej kachestva obuvi dlya detej shkol'nogo vozrasta]. *Kostyumologiya = Journal of Clothing Science*, vol. 7, № 2, pp. 1–12 (In Russian).

Milyushkova, Y.V., Furashova, S.L. (2019). Evaluation of formability of thermoplastic materials for backs and soles in footwear [Ocenka formuemosti termoplasticheskih materialov dlya zadnikov i podnoskov v obuvi], *Materials and Technologies*, № 1 (3), pp. 49–53 (In Russian).

Smelkov, V.K. (2005). *Materialovedenie* [Material science]. Vitebsk: EE "VSTU", Republic of Belarus (In Russian).

Tomasheva, R.N. (2021). *Materialy dlya obuvi* [Materials for footwear]. Vitebsk: EE "VSTU", Republic of Belarus (In Russian).

Tsobanova, N.V. (2022). Analysis of the requirements of normative documentation for frame parts of preschool footwear [Analiz trebovanij normativnoj dokumentacii k karkasnym detalyam doshkol'noj obuvi], *Materialy dokladov 55-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii prepodavatelej i studentov = Proceedings of the 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students*, vol. 2, pp. 254–256 (In Russian).

Sheremet, E.A., Shevtsova, M.V. (2020). Evaluation of children's footwear safety – status and problems [Ocenka bezopasnosti detskoj obuvi – sostoyanie i problemy], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik Vitebsk State Technological University*, № 2 (39), pp. 98–107 (In Russian).

Caleb Wegener, Adrienne E Hunt, Benedicte Vanwanseele, Joshua Burns and Richard M Smith (2011). Effect of children's shoes on gait: a systematic review and meta-analysis, *Journal of Foot and Ankle Research*, vol. 4:3, pp. 1–13.

Cylie M. Williams, Helen A. Banwell, Kade L. Paterson, Katherine Gobbi, Sam Burton, Matthew Hill, Emma Harber and Stewart C. Morrison (2022). Parents, health professionals and footwear stakeholder's beliefs on the importance of different features of young children's footwear: a qualitative study, *Journal of Foot and Ankle Research*, vol. 15:73, pp. 1–9.

Poul J, Fait M. (1975). Ověření vhodnosti dětské obuvi s volnou patní částí [Verification of suitability of the child shoes with open heel part (author's transl)]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. № 42 (5), pp. 479–481.

Stewart C. Morrisonl, Carina Price, Juliet McClymont and Chris Nester (2018). Big issues for small feet: developmental, biomechanical and clinical narratives on children's footwear, *Journal of Foot and Ankle Research*, vol. 11:39, pp. 1–5.

Yuan Wang, Hanhui Jiang, Lin Yu, Zixiang Gao, Wei Liu, Qichang Mei and Yaodong Gu (2023). Understanding the Role of Children's Footwear on Children's Feet and Gait Development: A Systematic Scoping Review, *Healthcare*, vol. 11, pp. 1–14.

Информация об авторах | Information about the authors

Цобанова Надежда Владимировна
Аспирант кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: tsobanowa.nadi@yandex.by

Nadezhda V. Tsobanova
Postgraduate Student of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: tsobanowa.nadi@yandex.by

Борозна Вилия Дмитриевна
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: wilij@mail.ru

Буркин Александр Николаевич
Доктор технических наук, профессор кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: a.burkin@tut.by

Vilia D. Borozna
Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professorof the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: wilij@mail.ru

Alexander N. Burkin
Doctor of Science (in Engineering), Professor of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: a.burkin@tut.by

UDC 677.027 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-64-70

Применение золь-гель технологии для создания текстильных материалов с пониженным пропусканием ближнего инфракрасного света

Мелани Якубик *Нижнерейнская высшая школа прикладных наук,*
Борис Малтиг *факультет текстильных и швейных технологий, Германия*

Аннотация. Золь-гель технология является универсальным методом функционализации текстильных материалов. Данная работа посвящена использованию промышленного золь-гель продукта в сочетании с ИК-поглотителем для создания текстиля с пониженным пропусканием ближнего инфракрасного света (БИК-свет). Золь-гель покрытия с повышенным содержанием поглотителя ИК-излучения наносятся на хлопчатобумажные и полиэфирные ткани. Достигается равномерное распределение покрывающих веществ на текстильных тканях. Используемые аналитические методы: сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), электронно-дисперсионная спектроскопия (ЭДС), оптическая трансмиссионная спектроскопия в диффузионных устройствах и измерения тепла с помощью инфракрасной тепловой камеры. Нанесенные покрытия приводят к значительному снижению пропускания в оптическом диапазоне ближнего инфракрасного света (от 700 до 1400 нм). Кроме того, улучшаются свойства теплопоглощения произведенного текстиля, а также свойства сохранения тепла. Таким образом, можно констатировать, что реализованные материалы могут обеспечить определенную защиту от инфракрасного света. Кроме того, их можно также применять в качестве материалов для аккумулирования тепла. Такой текстиль двойного назначения может найти применение в верхней одежде для зимних условий, где желательно сочетание защиты от УФ- и ИК-излучения, которое идеально дополняется согревающим эффектом за счет накопления тепла от поглощения ИК-излучения.

Ключевые слова: инфракрасный свет, пропускание, золь-гель, покрытие, хлопок, полиэстер.
Информация о статье: поступила 03 июня 2023 года.
Статья подготовлена по материалам доклада Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI–2023)».

A sol-gel approach for realization of textiles with reduced transmission for NIR light

Melanie Jakubik *Hochschule Niederrhein, University of Applied Sciences,*
Boris Mahltig *Faculty of Textile and Clothing Technology, Germany*

Abstract. Sol-gel technology is a versatile method for the functionalization of textiles. This study reports on the use of an industrial sol-gel product in combination with an IR absorber to create textiles with a reduced transmission for near infrared light (NIR light). Sol-gel coatings with increasing content of IR absorber are applied on cotton and polyester fabrics. A regular distribution of the coating agents on the textile fabrics is reached. Analytical methods used are scanning electron microscopy (SEM), electron dispersive spectroscopy (EDS), optical transmission spectroscopy in diffusive arrangements and heat measurements by infrared heat camera. The applied coatings lead to a significant decrease of transmission in optical range of near infrared light (700 nm to 1400 nm). Further, heat up-take properties of the produced textiles are improved as well as the heat keeping properties. Finally, it can be stated that the realized materials can support a certain protection against infrared light. Additionally, they can be also applied as heat collecting materials. Such dual functional textiles could lead to applications in out-door clothes for winter situation there the combination of protection against UV and IR light is wished and ideally combined with a warming effect by heat collections from absorbing of IR light.

Keywords: infrared light, transmission, sol-gel, coating, cotton, polyester.
Article info: received June 03, 2023.

The article was prepared based on the report of the International Scientific and Technical Conference "International Conference on Textile and Apparel Innovation ICTAI–2023".

Textiles are excellent materials to support radiation protection and light management functions. In most applications this is related to the protection against UV light or to manipulate the interaction with visible light (Sayed, U., Tiwari R. and Dabhi, P., 2015; Maity, S., Singha, K., Debnath, P. and Singha, M., 2013). In contrast the interaction of textiles with infrared light (IR light) are less considered. In this field special camouflage materials are reported (Rubežienė V., Padleckienė I., Baltušnikaitė J. and Varnaitė, S., 2008). Further, heat collecting textiles and textiles with lower transmission against IR light are reported, which are supporting a certain protection against IR light (Viola, W., Zhao, P. and Andrew, T.L., 2023; Mahltig, B., Zhang, J., Wu, L., Darko, D., Wendt, M., Lempa, E., Rabe, M. and Haase, H., 2017). It should be reminded that additional to the well-known negative effects of UV light for the human health also the exposure of human skin by IR light can lead to disadvantageous effects as accelerated skin ageing (Barolet, D., Christiaens, F. and Hamblin, M.R., 2016; McDaniel, D., Farris, P. and Valacchi, G., 2018). With this background the current study is reporting on a sol-gel approach for realization of textiles with reduced transmission for near infrared light (NIR light). By this sol-gel approach silica based coatings are applied which are modified by an inorganic IR absorber. Applications are done on two different types of fabrics – cotton or polyester. The used sol-gel chemical is isysHPX supplied by the German company CHT (Tübingen). IsysHPX is an uncolored liquid. As inorganic IR absorber the chemical Calorsil is used which is also supplied by CHT (Tübingen, Germany). Colorsil exhibit a dark blue coloration and on microscopic scale is has a fine powder structure (Figure 1). By electron dispersive spectroscopy (EDS spectroscopy), the main chemical components for Calorsil found are oxygen and tin. This IR absorber is mainly built up by tin oxide components. Additional indium oxide may be part of this product but indium is difficult to detect by EDS methods, if samples also contain the chemical element tin. Further, around 1 % carbon is determined on Calorsil which could be part of an organic compound added to the recipe to improve recipe properties. For application of both compounds it is important, that the component isysHPX exhibit an acidic pH and Colorsil has an alkaline pH. To combine them the pH of isysHPX is increased by adding sodium hydroxide solution drop wise. Doing this the liquid isysHPX starts to gel and the

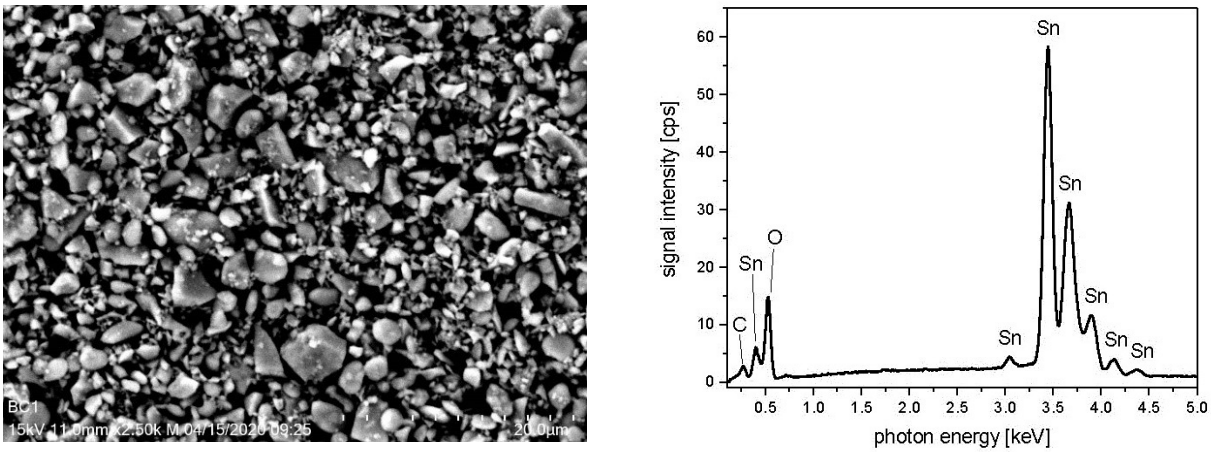


Figure 1 – Microscopic image (left) and EDS-spectrum (right) of Colorsil material. In the EDS-spectrum the chemical elements related to the signals are indicated

Colorsil can be homogeneously distributed into the gel. The Colorsil concentration is set in the range from 1wt-% to 15wt-%. This gel is used as coating agent on the textiles. Drying and fixation is done at 120°C. Analytical methods used for the investigation of the coated textiles are scanning electron microscopy (SEM), electron dispersive spectroscopy (EDS), optical transmission spectroscopy in diffusive arrangements and heat measurements by infrared heat camera.

The applied sol-gel materials are regularly distributed on the textile surfaces as shown by SEM images recorded in different magnifications (Figures 2 and 3). Due to the rougher structure of the cotton fabric, the used cotton materials take up more of the applied sol-gel recipe.

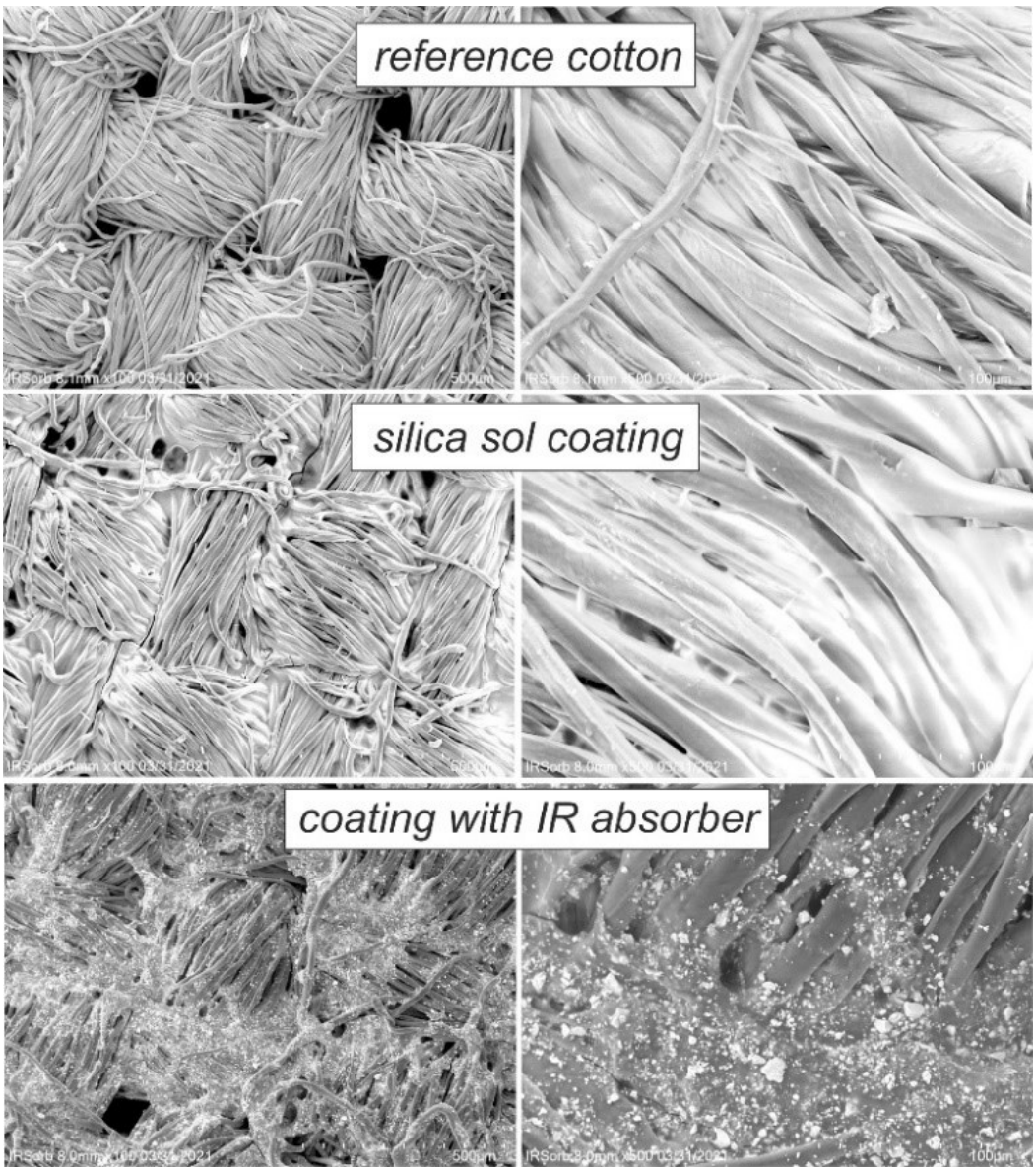


Figure 2 – Microscopic images of cotton fabric untreated and after different coatings. Images with low magnification are shown on the left side and with high magnification on right side

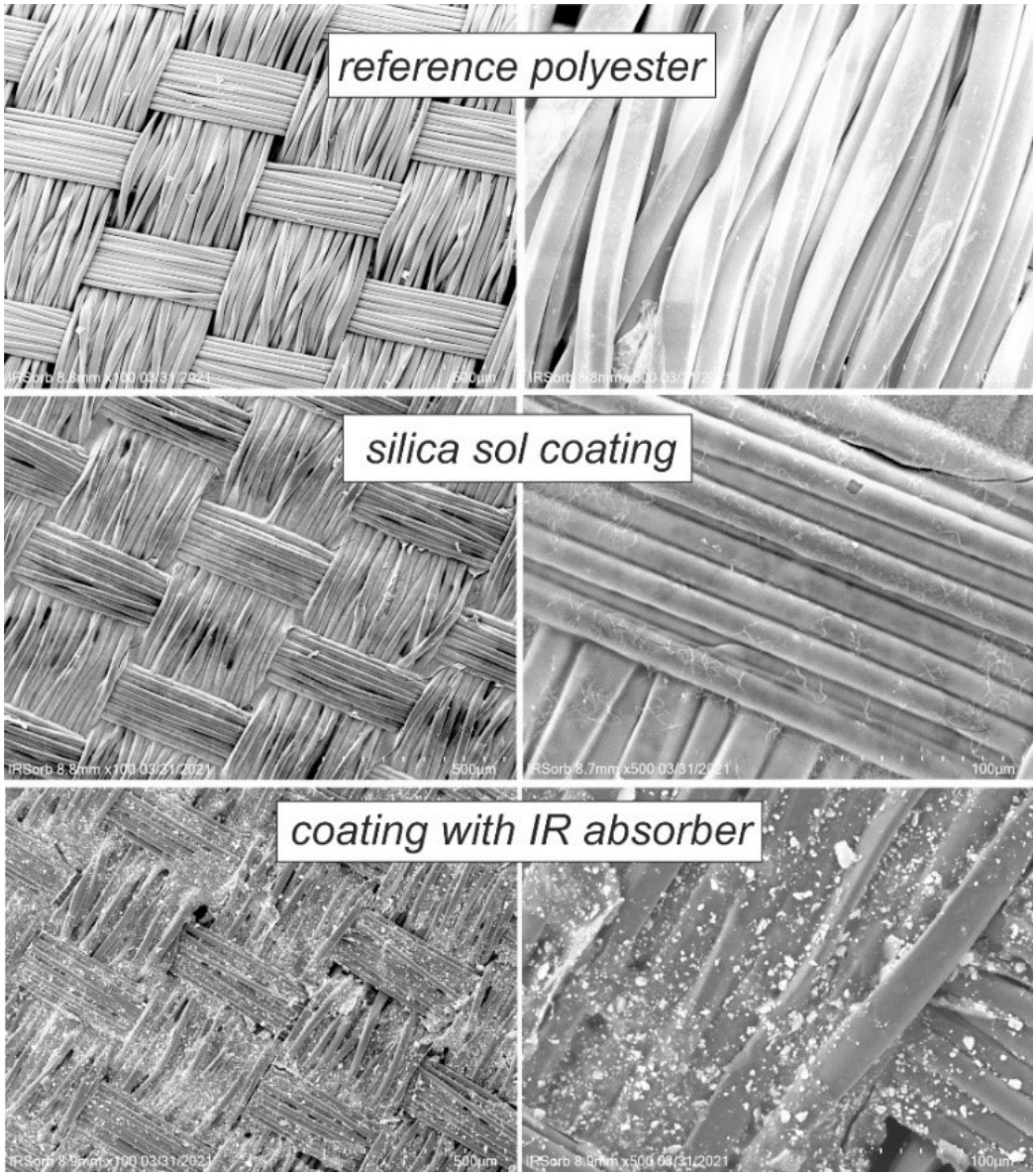


Figure 3 – Microscopic images of polyester fabric untreated and after different coatings. Images with low magnification are shown on the left side and with high magnification on right side

The optical transmission of realized textile samples is recorded for the spectral range from 220 to 1400 nm (Figure 4). Here the diffusive transmission is determined using an integrating sphere. Also, for UV light (range 220 to 400 nm) and visible light (range 400 to 700 nm) a decrease in optical transmission can be determined after the sol-gel coating with the IR absorber are applied. A significant decrease in transmission for near infrared light in the spectral range from 700 to 1400 nm can be also determined. However, for a significant decrease in transmission the content of IR absorber has to be 10 % or more in the coating recipe. The effect is stronger for the application on cotton fabrics (compared to the polyester fabrics), probable because of the higher up-take of the

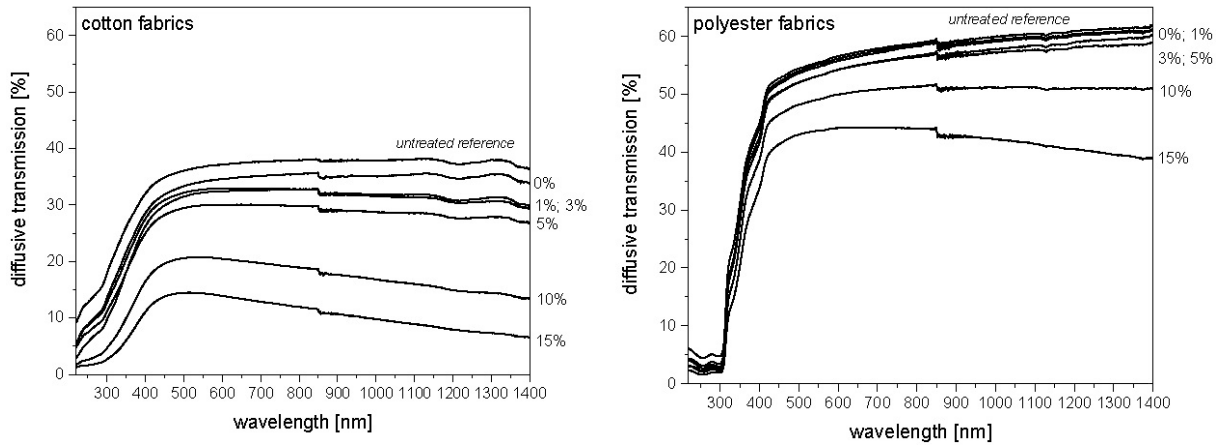


Figure 4 – Optical spectra of diffusive transmission shown for fabrics coated with increasing amount of IR absorber. Cotton fabrics (left) and polyester fabrics (right)

recipe by the rougher cotton fabric.

As additional property the heat up-take capability is determined for the realized samples. Infrared radiation is also known as heat radiation and their up-take by an IR absorber should lead to an enhanced warming of the samples. Such a warming can be determined as increased temperature in case of exposition to a source for IR light (as an IR lamp). In current investigations such a temperature increase in case of IR illumination is determined with a heat camera over a duration of six minutes. The starting temperature is set to around 26 °C and the temperature increase is presented as difference to this starting temperature as function of the content of IR absorber in the applied coating (Figure 5). The heat up-take increases as function of IR absorber content in the coating. For the coatings on the cotton fabrics, this effect can be even determined for the lowest investigated content of IR-absorber of 1 wt-%. Figure 5 shows the temperature increase of the samples after two minutes and six minutes of heating by IR lamp. For most samples, the temperature increase is for both durations nearly similar, so the equilibrium of heat up-take and cooling process is almost reached after the short duration of two minutes.

Additional to the heat up-take capability, also the heat keeping properties are determined by recording the duration which is necessary to cool down the samples to the original temperature of around 26 °C. For this, the

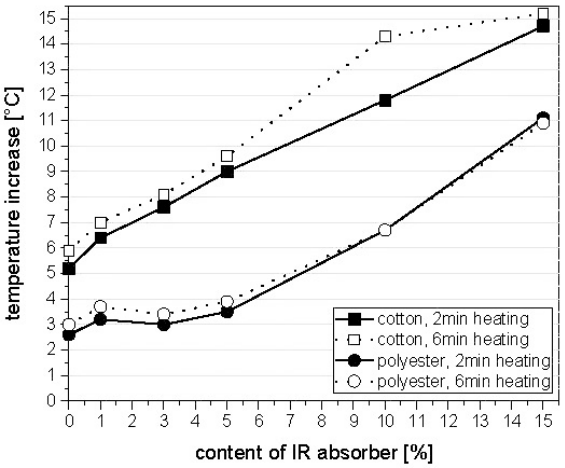


Figure 5 – Heat up-take shown for fabrics coated with increasing amount of IR absorber. The heat up-take is presented as temperature increase after placement under a heat lamp for two or six minutes

cooling duration is measured after heating of the samples for six minutes with the IR lamp. This cooling duration increases directly as function of IR absorber content in the coating recipe (Figure 6). Significant effects are gained if the IR absorber content is 5 % or higher. For this, it is clear not only the heat up-take capability can be enhanced by the applied coating – also the capability to hold the once up-taken heat is improved.

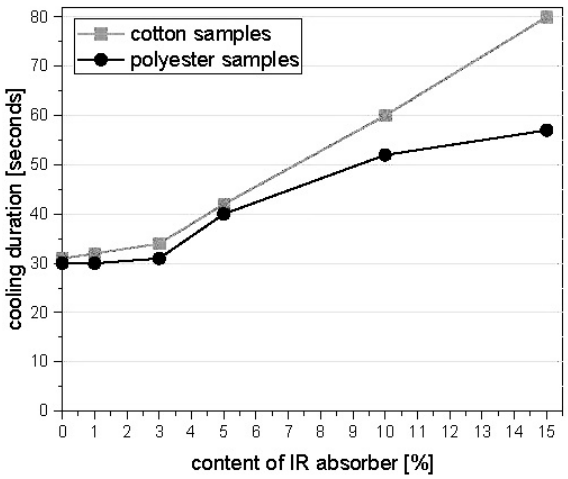


Figure 6 – Cooling duration after deposition of samples under a heat lamp for six minutes

Finally, it can be stated that the used sol-gel recipes can be used as coating agents on textile fabrics to realize materials with offer a certain protection against infrared light. Additionally, these coated textiles can be also applied as heat collecting materials. Such dual functional textiles could lead to applications in out-door clothes for winter situation there the combination of protection against UV and IR light is wished and ideally combined with a warming effect by heat collections from absorbing of IR light. These are interesting approaches for possible application. To make the next steps, further fastness properties of the coating and an evaluation according to eventual environmental issues have to be done.

REFERENCES

Barolet, D., Christiaens, F. and Hamblin, M.R. (2016). "Infrared and skin: Friend or foe," *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, vol. 155, pp. 78-85.

Mahltig, B., Zhang, J., Wu, L., Darko, D., Wendt, M., Lempa, E., Rabe, M. and Haase, H. (2017). "Effect pigments for textile coating: a review of the broad range of advantageous functionalization," *Journal of Coatings Technology and Research*, vol. 14, pp. 35-55.

Maity, S., Singha, K., Debnath, P. and Singha, M. (2013). Textiles in electromagnetic radiation protection," *Journal of Safety Engineering*, vol. 2, pp. 11-19.

McDaniel, D., Farris, P. and Valacchi, G. (2018). "Atmospheric skin aging–Contributors and inhibitors," *Journal of Cosmetic Dermatology*, vol. 17, pp. 124-137.

Rubežienė V., Padleckienė I., Baltušnikaitė J. and Varnaitė, S. (2008). "Evaluation of camouflage effectiveness of printed fabrics in visible and near infrared radiation spectral ranges," *Mater Sci-Medzg*, vol. 14, pp. 361-365.

Sayed, U., Tiwari R. and Dabhi, P. (2015). "UV protection finishes on textile fabrics," *Int. J. Adv. Sci. Eng.* vol. 13, pp. 56-63.

Viola, W., Zhao, P. and Andrew, T.L. (2023). "Solar thermal textiles for on-body radiative energy collection inspired by polar animals," *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 15, pp. 19393-19402.

Информация об авторах | Information about the authors

Мелани Якубик
Бакалавр наук и магистр технических наук (в области текстильной промышленности), научный сотрудник, Нижнерейнская высшая школа прикладных наук, факультет текстильных и швейных технологий, Германия.
E-mail: melanie.jakubik@hs-niederrhein.de

Melanie Jakubik
Bachelor of Science and Master of Science (both degrees in Textile Technology), Hochschule Niederrhein, University of Applied Sciences, Faculty of Textile and Clothing Technology, Germany.
E-mail: melanie.jakubik@hs-niederrhein.de

Борис Малтиг
Профессор, Нижнерейнская высшая школа прикладных наук, факультет текстильных и швейных технологий, Германия.
E-mail: boris.mahltig@hs-niederrhein.de

Boris Mahltig
Full Professor, PhD, Hochschule Niederrhein, University of Applied Sciences, Faculty of Textile and Clothing Technology, Germany.
E-mail: boris.mahltig@hs-niederrhein.de

УДК 546-1 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-71-81

Твердые растворы $Bi_{0.65}Ba_{0.35-z}Sr_zFe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ с $0 \le z \le 0.35$: состав, структура, свойства

М.В. Силибин[1], В.Д. Живулько[2]
Ю.В. Радюш[2], С.И. Латушко[2]
Д.В. Желудкевич[2], В.Н. Шут[3]
А.А. Кузнецов[3], А.С.Соколова[3]
Д.В. Карпинский[2]

[1]Национальный исследовательский университет ‹‹Московский институт электронной техники››, Российская Федерация
[2]Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению, Республика Беларусь
[3]Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Аннотация. Методами дифракционного рентгеновского анализа, комбинационного рассеяния света и инфракрасной спектроскопии изучена кристаллическая структура твердых растворов $Bi_{0.65}Ba_{0.35-z}Sr_zFe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ в диапазоне концентраций $0 \le z \le 0.35$. Морфология и химический состав твердых растворов исследованы методами сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Показано, что все исследуемые составы имеют высокую химическую однородность, увеличение концентрации ионов стронция приводит к уменьшению среднего размера кристаллитов, при этом морфология кристаллитов практически не изменяется. Определена последовательность изменения кристаллической структуры в области морфотропной фазовой границы «ромбоэдр-куб». Исходный состав $Bi_{0.65}Ba_{0.35}Fe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ характеризуется двухфазной структурой, при которой сосуществуют полярная ромбоэдрическая и кубическая фазы. При этом кубическая фаза, является доминирующей, увеличение концентрации ионов Sr приводит к структурному переходу в однофазное кубическое состояние. Установлено формирование в исследуемых материалах неоднородного структурного состояния, при котором в основной матрице с параэлектрической кубической структурой присутствуют полярноактивные кластеры с ромбоэдрическим типом искажений элементарной ячейки, имеющими нанометромый размер. Наличие наноразмерных полярных кластеров подтверждается результатами исследования диэлектрических свойств. Полученные данные позволили установить закономерности изменения структурных параметров при фазовом переходе из ромбоэдрической в кубическую структуру, определить область двухфазного структурного состояния, а также особенности изменения диэлектрических свойств в области морфотропной фазовой границы «ромбоэдр-куб».

Ключевые слова: феррит висмута, мультиферроики, рентгеновская дифракция, электронная микроскопия, структурные фазовые переходы, морфотропная фазовая граница.
Информация о статье: поступила 28 декабря 2023 года.
Работа выполнена при поддержке РНФ (23-19-00347), эксперименты, проведенные методами электронной микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния, выполнены при поддержке БРФФИ (Ф23КИ-005).

Solid solutions $Bi_{0.65}Ba_{0.35-z}Sr_zFe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ с $0 \le z \le 0.35$ with $0 \le z \le 0.35$: composition, structure, properties

Maxim V. Silibin[1], Vadim D. Zhivulko[2]
Yuriy V. Radyush[2], Siarhei I. Latushka[2]
Dmitry V. Zhaludkevich[2], Victor N. Shut[3]
Andrei A. Kuzniatsou[3], Hanna S. Sokalava[3]
Dmitry V. Karpinsky[2]

[1]National Research University of Electronic Technology "MIET", Russian Federation
[2]Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus, Republic of Belarus
[3]Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

Abstract. The crystal structure of the solid solutions $Bi_{0.65}Ba_{0.35-z}Sr_zFe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ within the dopant concentration range $0 \le z \le 0.35$ was investigated based on the results of X-ray diffraction, infrared and Raman spectroscopy. The morphology and chemical composition of the solid solutions were studied using scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy. It is shown that all the studied compounds are characterized by high chemical homogeneity; an

increase in the concentration of strontium ions leads to a decrease in the average crystallite size, while the morphology of crystallites remains practically unchanged. The obtained structural data allowed to estimate the changes in the crystal structure occurred within the region of the "rhombohedral-cubic" morphotropic phase boundary. The initial compound $Bi_{0.65}Ba_{0.35}Fe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ is characterized by a two-phase structure, assuming a coexistence of the polar rhombohedral and cubic phases. Wherein the cubic phase is dominant in the initial compounds, and an increase in the concentration of Sr ions leads to the structural transition to the single-phase cubic state. An inhomogeneous structural state in the compounds under study has been determined to consist of the main matrix with paraelectric cubic structure, along with polar active nanometer-sized clusters having rhombohedral type of the unit cell. The presence of the nanosize polar clusters is confirmed by the results of dielectric measurements. The obtained data allowed to establish the evolution of the structural parameters during the phase transition from the rhombohedral to the cubic structure, as well as to determine the concentration region of the two-phase structural state and to specify the features of dielectric properties in the region of the morphotropic "rhombohedral-cubic" phase boundary.

Keywords: bismuth ferrite, multiferroics, x-ray diffraction, electron microscopy, structural phase transitions, morphotropic phase boundary.

Article info: received December 28, 2023.

The research work was supported by the Russian Science Foundation (23-19-00347); the experiments carried out with the use of electron microscopy and Raman scattering spectroscopy were supported by the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (Ф23КИ-005).

Введение

В настоящее время одной из важных задач современного материаловедения, является разработка новых электрокерамических материалов с диэлектрическими параметрами, соответствующими актуальным требованиям электронной промышленности, а также удовлетворяющие современным экологическим нормам. Используемые в настоящее время электрокерамические материалы для различных электротехнических устройств (Jiao et al. 2017; Song et al., 2017; Wang et al., 2017; Yu et al., 2019; Zhang et al., 2019) в основном содержат свинец, либо имеют другие существенные недостатки – невысокую диэлектрическую проницаемость в сильных полях, высокие диэлектрические потери при частотах более 1 МГц и др.

Одним из перспективных классов материалов для создания новых электрокерамических составов являются бессвинцовые мультиферроики. Известно, что мультиферроики со структурой перовскита характеризуются наличием сильной взаимосвязи между электрической и магнитной подсистемой и их кристаллической структурой, что позволяет управлять функциональными свойствами таких материалов путем химического замещения ионов в А- и(или) В- подрешетках перовскита. Твердые растворы на основе феррита висмута ($BiFeO_3$) являются наиболее известными и перспективными однофазными мультиферроиками, что обусловлено высокими температурами переходов в магнитоупорядоченное и сегнетоэлектрическое состояния (T_N ~ 650 K, T_C ~ 1100 K) (Catalan & Scott, 2009; Fischer et al., 1980). Известно, что химическое замещение ионов висмута и железа позволяет контролируемо изменять кристаллическую структуру составов на основе BiFeO3 и тем самым модифицировать их физические свойства (Phong et al., 2020; Tho et al., 2018; Karpinsky et al., 2014a, Karpinsky et al., 2014b; Khomchenko et al., 2012).

В последние годы в качестве электрокерамических материалов предлагается использование керамики с релаксорными свойствами, при этом т. н. полярные нанокластеры ("polar nanoregions") должны характеризоваться слабым взаимодействием между собой (Ogihara, Randall & Trolier-McKinstry, 2009). Структурными аналогами материалов с релаксорными свойствами являются твердые растворы феррита висмута с химическим составом в области морфотропных фазовых границ «ромбоэдр-куб», «ромбоэдр-орторомб» и др. Известно, что твердые растворы феррита висмута с химическим составом в области морфотропных фазовых границ характеризуются метастабильным структурным состоянием, которое способствует улучшению диэлектрических свойств таких составов (Tho et al., 2018; Ca et al., 2021; Karpinsky et al., 2019). Так, замещение в исходном феррите висмута ионов висмута ионами бария и стронция, а ионов железа – ионами титана является эффективным

способом увеличения диэлектрической проницаемости и снижения диэлектрических потерь в широком интервале температур и частот электрического поля (Habib et al., 2021).

В данной работе исследованы особенности концентрационного фазового перехода «ромбоэдр-куб» в системе твердых растворов $Bi_{0.65}Ba_{0.35-z}Sr_zFe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ с $0 \le z \le 0.35$. Химическая формула данной системы твердых растворов, записанная в виде $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ с $0 \le x \le 1.0$ отражает соотношение исходных фаз феррита висмута и титаната бария (используется далее в тексте). Исследована последовательность изменения структурного состояния при указанном концентрационном фазовом переходе, определена область существования полярной ромбоэдрической фазы, обуславливающей диэлектрические свойства твердых растворов на основе феррита висмута, что вносит существенный вклад в область разработки и получения новых электрокерамических материалов для создания различных электротехнических устройств.

Экспериментальная часть

Синтез керамических составов системы $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ (x = 0, 0.15, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0) проводился методом твердофазных реакций. В качестве исходных реагентов использовались ЧДА оксиды и карбонаты $BaCO_3$, $SrCO_3$, Bi_2O_3, Fe_2O_3. Смесь химических реактивов, взятых в стехиометрическом соотношении, тщательно перемешивалась в планетарной мельнице RETSCH 200 PM (60 минут, с использованием этилового спирта). Полученные порошки прессовались в таблетки (диаметр 10 мм, толщина 1–2 мм) при давлении 0.1 ГПа. После промежуточного измельчения и прессования составы синтезировались при температуре ~1050 °C (в течение 12 часов) с последующей закалкой до комнатной температуры. Исследования составов методом дифракции рентгеновского излучения проводились при помощи дифрактометра Adani PowDiX 600 с использованием Cu-Kα излучения. Анализ дифракционных данных проводился методом полнопрофильного анализа Ритвельда с помощью программного комплекса FullProf. Исследования морфологии кристаллитов проводилось с использованием сканирующего электронного микроскопа Zeiss Evo 10, анализ элементного состава образцов проводился методом энергодисперсионной спектроскопии с использованием EDS приставки Oxford Instruments. Спектры комбинационного рассеяния были получены на спектрометре Confotec MR350 (SOL Instruments, Беларусь), с длиной волны возбуждающего излучения 532 нм. ИК спектры были получены с использованием спектрофотометра МС 124 (SOL Instruments, Беларусь). Диэлектрические исследования были проведены методом импеданс-спектроскопии в интервале температур 100–550 K на частотах 0.1, 1, 10 кГц и 1 МГц с использованием измерителя иммитанса Е7-14. Измерения величин ε' и $tg\delta$ проводились в циклах охлаждении и нагревании со средней скоростью изменения температуры 2 K/мин.

Результаты и их обсуждение

Кристаллическая структура твердых растворов

Рентгенофазовый анализ образцов указывает на отсутствие примесных фаз во всех исследуемых составах с точностью до величины погрешности метода исследования (~1 %). Рентгеноструктурный анализ, проведенный методом Ритвельда, позволил определить характер изменения кристаллической структуры при изменении концентрации ионов заместителей. Установлено, что исходный состав $Bi_{0.65}Ba_{0.35}Fe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ характеризуется двухфазным структурным состоянием, при котором сосуществуют полярная ромбоэдрическая структура (пр. гр. R3c) и кубическая (пр. гр. Pm-3m), при этом кубическая фаза, является доминирующей, объемная доля ромбоэдрической фазы составляет ~15 %. Увеличение концентрации ионов Sr приводит к структурному переходу в однофазное кубическое состояние (рисунок 1), при этом происходит уменьшение величин структурных параметров и соответственно значения объема элементарной ячейки. Уменьшение параметров связано с меньшим ионным радиусом ионов стронция (1.18Å) по сравнению с ионами бария (1.35Å), при этом ионы железа Fe^{3+} и титана Ti^{4+} имеют схожие величины ионных радиусов в октаэдрическом окружении – 0.645Å и 0.605Å соответственно.

Увеличение концентрации ионов-заместителей до 15 мол. % приводит к значительному уменьшению объемной доли ромбоэдрической фазы (~5 мол. %), и дифрактограммы состава может быть удовлетворительно описаны с использованием однофазной структурной модели с кубической симметрией структуры. Дальнейшее химическое замещение приводит к завершению структурного перехода в кубическую фазу, о чем свидетельствует эволюция характерных рефлексов, связанных с искажением кислородных октаэдров (рисунок 1). На рисунке 1 представлены дифрактограммы

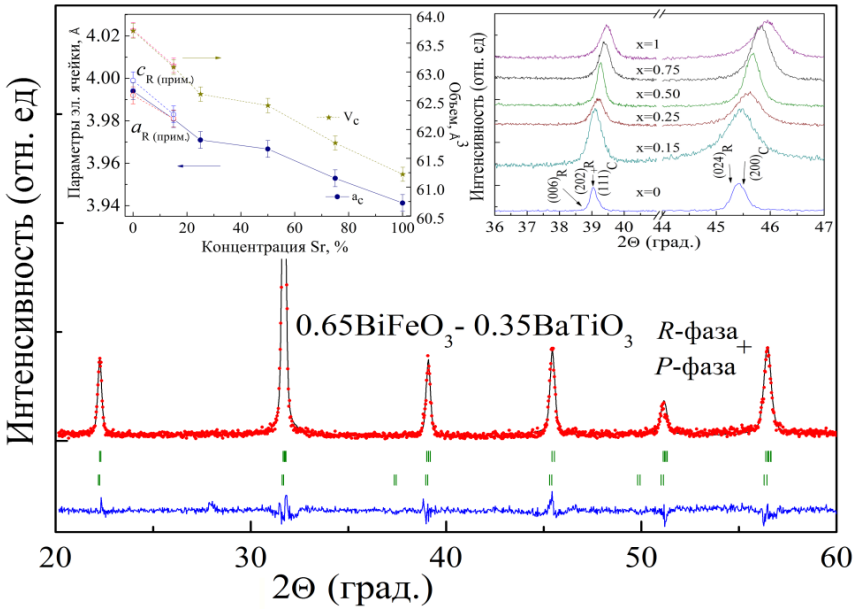


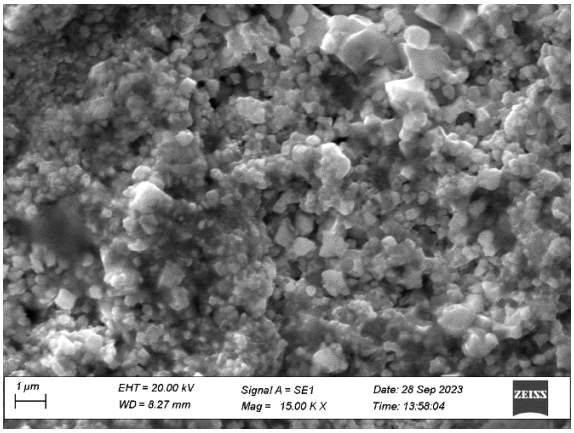
Рисунок 1 – Рентгенограммы составов $0.65BiFeO_3$–$0.35BaTiO_3$ ($0 \le x \le 1.0$). На вставке показаны рефлексы, характерные для кубической и ромбоэдрической фаз, а также зависимость параметров элементарной ячейки от концентрации ионов стронция

Figure 1 – X-ray diffraction patterns of the compounds $0.65BiFeO_3$–$0.35BaTiO_3$ ($0 \le x \le 1.0$). The insets show the reflections specific for the cubic and the rhombohedral phases, as well as the dependences of the unit cell parameters as a function of the Sr ions concentration

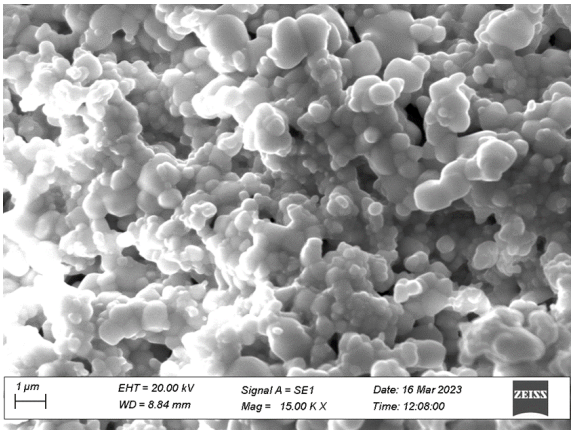
составов $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO$ с $0 \le x \le 1.0$. Анализ дифрактограмм указывает на незначительные структурные изменения во всех исследуемых твердых растворах, при этом в составах с $0.15 \le x \le 0.5$ наблюдается некоторая асимметрия профиля рефлексов, что может свидетельствовать о неоднородном структурном состоянии составов на локальном уровне, при этом согласно рентгеноструктурным данным данные составы являются однофазными с кубической элементарной ячейкой. Эволюция структурных параметров (вставка рисунка 1) указывает на монотонное уменьшение параметров элементарной ячейки, что свидетельствует о формировании непрерывного ряда твердых растворов системы $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ с $0 \le x \le 1.0$, при этом объем элементарной ячейки для ромбоэдрической фазы (в приведенном виде) больше, чем объем элементарной ячейки кубической фазы, что согласуется с тенденцией уменьшения структурных параметров при химическом замещении ионов бария ионами стронция.

Исследования составов методами сканирующей электронной микроскопии

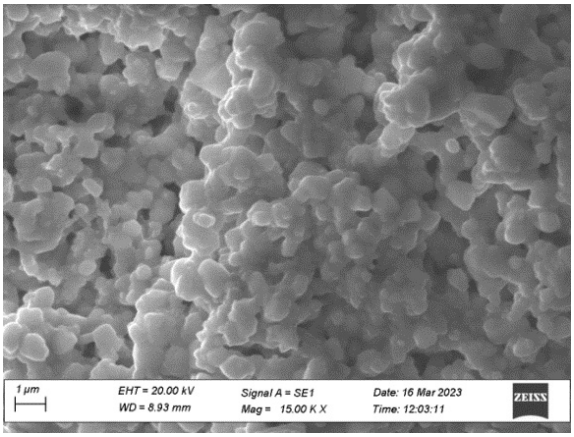
Микроструктура твердых растворов была исследована методом сканирующей электронной микроскопии. СЭМ-изображения составов $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ представлены на рисунке 2. Морфология кристаллитов практически не изменяется с увеличением концентрации ионов стронция. Исследуемые составы характеризуются наличием агломерированных частиц размерами 1–20 мкм, состоящих из кристаллитов округлой формы и имеющих линейные размеры 0.2–2 мкм. Увеличение концентрации ионов-заместителей приводит к уменьшению среднего размера кристаллитов от ~0.9 мкм для состава с x = 0.25 до ~0.6 мкм для состава с x = 1. При этом составы с x < 0.5 характеризуются практически неизменным средним размером кристаллитов, для составов с большей концентрацией ионов стронция наблюдается значительное уменьшение среднего размера кристаллитов. Форма кристаллитов практически не зависит от химического состава и структурного состоя-



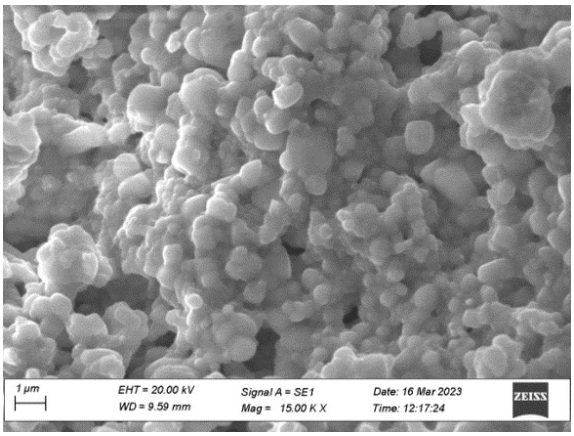
а



б



в



г

Рисунок 2 – СЭМ изображения составов $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$: а – с концентрацией x = 0.15; б – x = 0.25; в – x = 0.5; г – x = 1.0
Figure 2 – SEM images of the compounds $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$: a – with concentration x = 0.15; b – x = 0.25; c – x = 0.5; d – x = 1.0

ния образцов, что не позволяет ассоциировать кристаллиты с разными структурными фазами, обнаруженными методами дифракции для составов с $x \leq 0.15$.

Анализ химического состава твердых растворов $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ $x = 0 - 1$, выполненный методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, указывает на отсутствие примесных элементов, при этом изменение содержания химических элементов соответствует изменению химического состава согласно используемой схеме замещения. Соотношение химических элементов подтверждает соответствие химической формуле $Bi_{0.65}Ba_{0.35-z}Sr_zFe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$ (количественные данные об элементном составе твердых растворов приведены на вставках рисунка 3). Разность в содержании химических элементов твердого раствора с $x = 0$, являющегося двухфазным согласно рентгеноструктурным данным, не превышает 1–2 % в разных точках поверхности, что свидетельствует о высокой химической однородности исследуемых твердых растворов, при этом невозможно выделить кристаллиты, характерные для ромбоэдрической и кубической фаз. Номинальная концентрация кислорода несколько выше стехиометрического, что вероятно обусловлено наноразмерным характером частиц и их окислением на воздухе.

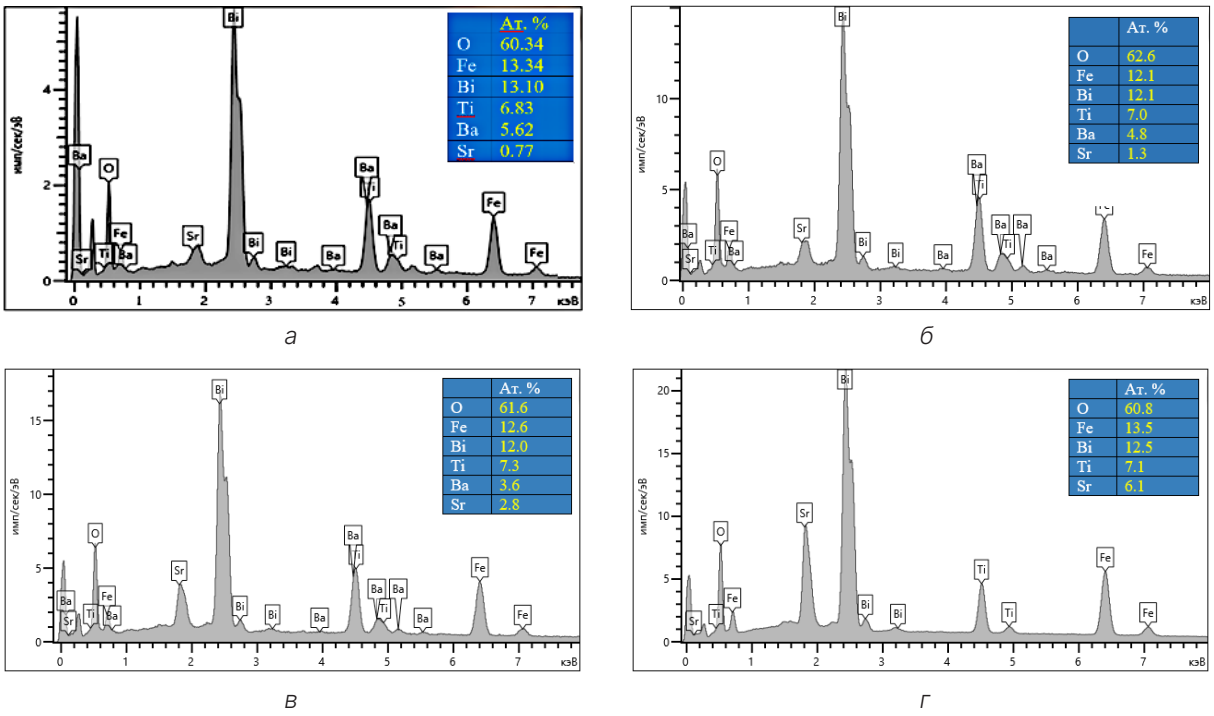


Рисунок 3 – Спектры, полученные методом энергодисперсионной спектроскопии составов $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$: а – состав с концентрацией x = 0.15; б – x = 0.25; в – x = 0.05; г – x = 1,0
На вставках показан элементный состав исследованных образцов
Figure 3 – EDS spectra of the compounds $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$:
a – the compound with x = 0.15; b – x = 0.25; c – x =0.05, d – x =1.0.
The insets show the elemental compositions of the studied samples

Изменения структурного состояния и типа искажений кристаллической структуры твердых растворов $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ исследовались с помощью методов ИК спектроскопии, а также спектроскопии комбинационного рассеяния. Следует отметить, что указанные экспериментальные методы позволяют получить данные о структуре составов в областях, имеющих характерные линейные размеры порядка десятков нанометров, таким образом, такие структурные данные являются комплементарными к результатам исследований, полученных методами рентгенографии.

Результаты ИК спектроскопии (рисунок 4) указывают на незначительные изменения структуры составов, происходящие при увеличении концентрации ионов-заместителей. Широкая полоса на ~540–580 $см^{-1}$ соответствует валентной колебательной моде ионов Fe(Ti), обусловленной периодическим сжатием-растяжением химической связи Fe(Ti) – O, что соответствует деформационным колебаниям пар ионов Fe – O, формирующих кислородные октаэдры. Указанная ИК активная фононная мода является характерной для составов с ромбоэдрическим типом искажений элементарной ячейки перовскита. Следует отметить, что частоты фононных мод незначительно смещаются в область более высоких частот при увеличении концентрации ионов-заместителей, а интенсивность таких колебаний уменьшается, что согласуется с дифракционными данными об уменьшении объема элементарной ячейки и снятии ромбоэдрических искажений. Следует отметить, что ИК активные фононные моды, характерные для ромбоэдрических искажений элементарной ячейки перовскита, наблюдаются в спектрах всех исследуемых составов, что указывает на присутствие ромбоэдрической фазы, при этом данные рентгенографии свидетельствуют об однофазном струк-

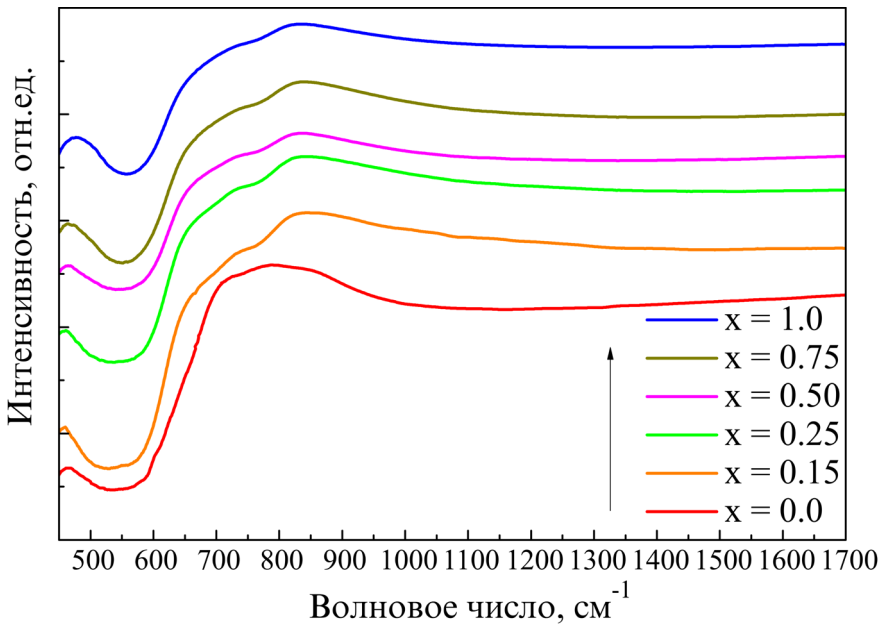


Рисунок 4 – ИК спектры составов $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$, полученные при комнатной температуре
Figure 4 – IR spectra of the compounds $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$, recorded at room temperature

турном состоянии составов $0.65BiFeO_3$-$0.3Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ с $x > 0.25$.

Спектры комбинационного рассеяния, полученные для всех исследуемых составов, содержат активные рамановские фононные моды, что свидетельствует о наличии нецентросимметричных искажений в кристаллической структуре твердых растворов. Фононные моды E(1TO), E(2TO), A1(1TO) и A1(2TO), расположенные соответственно на ~78 см$^{-1}$ 136, 142 и 170 см$^{-1}$ являются характерными для ромбоэдрических искажений и обусловлены полярными колебаниями ионов висмута и железа (титана) в кислородных полиэдрах. Частоты мод, характерных для колебаний ионов железа (титана) и кислорода на ~170 см$^{-1}$, ~240 см$^{-1}$, 480 см$^{-1}$, практически не изменяются с увеличением концентрации ионов-заместителей, при этом наблюдается уменьшение их интенсивности, что обусловлено уменьшением степени ромбоэдрических искажений, при этом тип искажений сохраняется для всех исследованных составов.

Так интенсивность фононной моды на ~240–270 см$^{-1}$ обусловленной колебаниями ионов железа (титана) в кислородных октаэдрах, незначительно уменьшается при увеличении концентрации ионов-заместителей, что обусловлено сокращением амплитуды нецентросимметричных колебаний ионов железа (титана).

Фононные моды на частотах менее ~170 см$^{-1}$, обусловлены колебаниями ионов висмута (бария, стронция), при увеличении концентрации ионов-заместителей частоты таких мод незначительно смещаются в область высоких частот, что обусловлено суммарным влиянием двух факторов – уменьшением эффективной массы ионов в А-подрешетке перовскита и уменьшением величины структурных параметров элементарной ячейки. При этом первый фактор вероятно является превалирующим, что приводит к увеличению частоты валентных колебаний, связанных с уменьшением длин химических связей Bi(Ba,Sr) – O, а также увеличением их ковалентной составляющей. Моды, характерные для колебаний легких анионов кислорода, а также моды, вызванные двухфононными процессами рассеяния практически не изменяются при увеличении концентрации ионов-заместителей, что также свидетельствует о присутствии ромбоэдрических искажений в структуре исследуемых составов. Также следует отметить диффузный характер рамановских мод, что особенно выражено для составов с высоким уровнем замещения, подобная эволюция

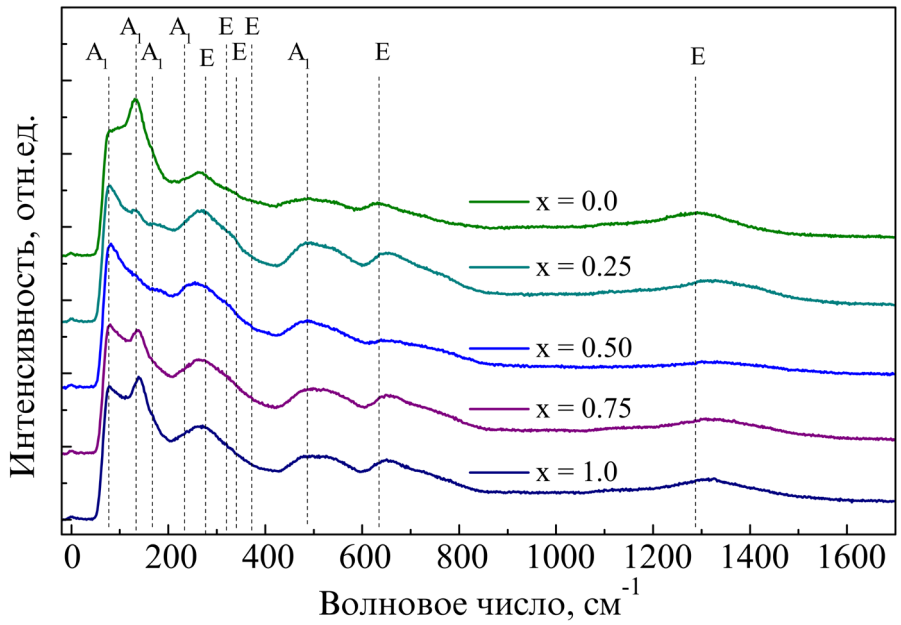


Рисунок 5 – Спектры комбинационного рассеяния, полученные для твердых растворов $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ при комнатной температуре

Figure 5 – Raman spectra of the solid solutions $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$, recorded at room temperature

указывает на неоднородное структурное состояние исследуемых составов, что согласуется с результатами рентгеноструктурного анализа.

Увеличение концентрации ионов стронция в целом не приводит к значительным изменениям основных линий на спектрах комбинационного рассеяния, что свидетельствует о сохранении основного структурного состояния составов, при этом присутствие в спектрах раман-активных мод указывает на наличие полярных искажений структуры составов, что может быть связано с наличием наноразмерных кластеров с ромбоэдрической структурой, при этом согласно рентгеноструктурным данным составы с x > 0.25 характеризуются псевдокубической структурой, которая предполагает отсутствие активных рамановских мод первого порядка.

Исследования диэлектрических свойств

На рисунке 6 представлены температурные зависимости действительной части диэлектрической проницаемости составов с x = 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 на фиксированных частотах в диапазоне 10^2–10^6 Гц. Из рисунка видно, что при увеличении температуры наблюдается быстрое увеличение величины относительной диэлектрического отклика, что справедливо для всех исследуемых составов во всем диапазоне частот. Резкое увеличение значений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь при температурах выше 400 К в основном обусловлено эффектами электропроводности, так для состава с x = 1.0 разность величин диэлектрической проницаемости на разных частотах достигает более одного порядка, что связано с относительно высокой проводимостью состава. Характер температурной зависимости диэлектрического отклика составов согласуется с моделью неоднородного структурного состояния исследуемых твердых растворов, при котором происходит накопление электрического заряда на границах зерен, соответствующих разным структурным фазам. При температурах ниже 400 К для всех составов поведение диэлектрического отклика вызвано динамикой сегнетоэлектрических доменов, что согласуется с присутствием полярных ромбоэдрических искажений, обнаруженных методами ИК и Рамановской спектроскопии.

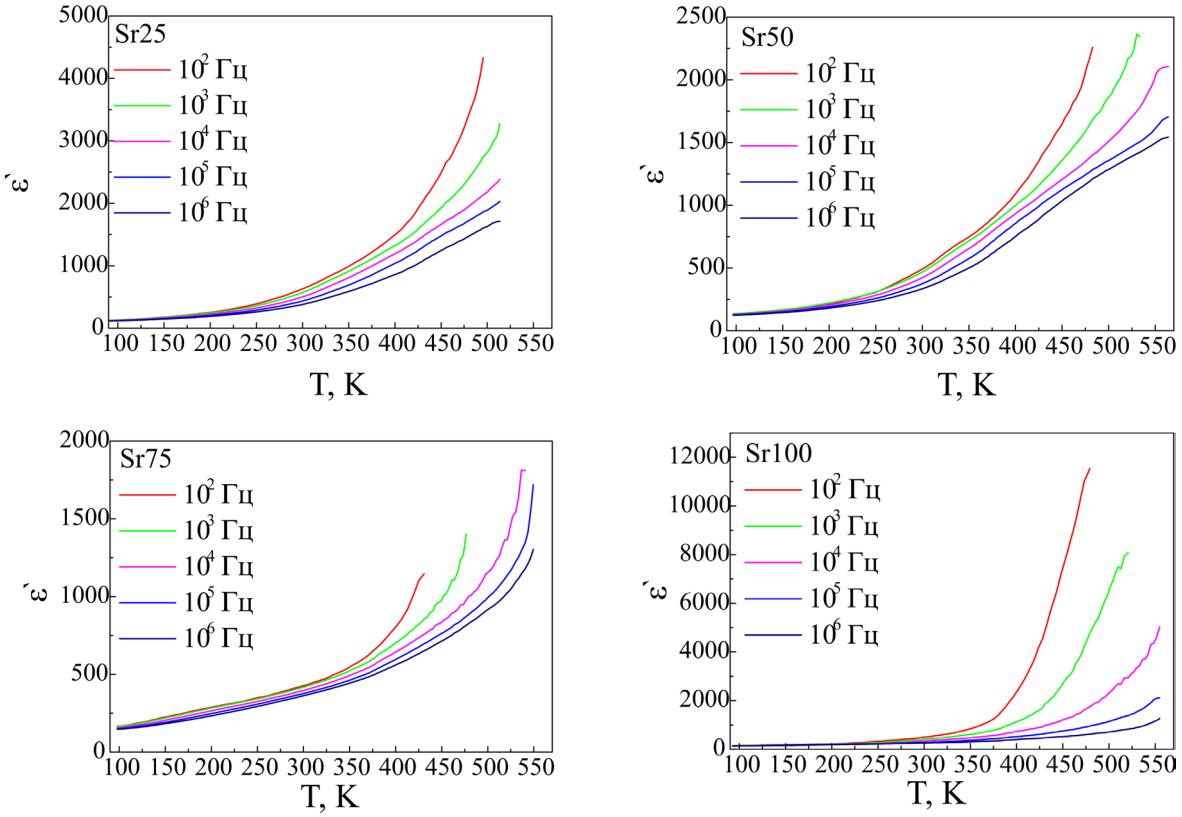


Рисунок 6 – Температурные зависимости действительной части диэлектрической проницаемости составов $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ с x = 0.25, 0.5, 0.75 и 1.0, полученные в интервале температур 100–550 K на фиксированных частотах в диапазоне 10^2–10^6 Гц

Figure 6 – TTemperature dependences of dielectric constant (real part) of the compounds $0.65BiFeO_3$-$0.35Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ with x = 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0, recorded in the temperature range 100–550 K at fixed frequencies in the range 10^2–10^6 Hz

Заключение

Проведено исследование структуры твердых растворов $Bi_{0.65}Ba_{0.35-z}Sr_zFe_{0.65}Ti_{0.35}O_3$, $0 \le z \le 0.35$ с составами, соответствующими области морфотропной фазовой границы «ромбоэдр-куб» с использованием микроскопических и локальных методов. Установлено, что замещение ионов бария ионами стронция приводит к уменьшению ромбоэдрических искажений, что сопровождается уменьшением величины структурных параметров, составы с $x \ge 0.25$ являются однофазными с кубической структурой перовскита. Результаты исследования структуры методом инфракрасной спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния позволили определить наличие локальных искажений, характерных для составов с ромбоэдрической структурой во всех исследуемых составах. Структурные данные, полученные методами дифракции рентгеновского излучения и спектроскопией комбинационного рассеяния, указывают на формирование в составах неоднородного структурного состояния, при котором в основной матрице с параэлектрической кубической структурой присутствуют полярноактивные кластеры с ромбоэдрическим типом искажений элементарной ячейки, имеющими нанометромый размер. Наличие наноразмерных полярных кластеров подтверждается результатами исследования диэлектрических свойств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Jiao, H., Wang, C., Tu J., Tian, D., Jiao, S.A. (2017). "Rechargeable Al-ion battery: Al/molten AlCl3–urea/graphite", *Chem Commun*, Vol. 53, No. 15, pp. 2331–2334.

Song, Y., Jiao, S., Tu, J., Wang, J., Liu, Y., Jiao, H., Mao, X., Guo, Z., Fray, D.J. (2017). "A long-life rechargeable Al ion battery based on molten salts", *J Mater Chem A*, Vol. 5, No. 3, pp. 1282–1291.

Wang, S., Jiao, S., Wang, J., Chen, H.-S., Tian, D., Lei, H., Fang, D.-N. (2017). "High-Performance Aluminum-Ion Battery with CuS@C Microsphere Composite Cathode", *ACS Nano*, Vol. 11, No. 1, pp. 469–477.

Yu, Z., Jiao, S., Li, S., Chen, X., Song, W.-L., Teng, T., Tu, J., Chen, H.-S., Zhang, G., Fang, D.-N. (2019). "Flexible Stable Solid-State Al-Ion Batteries", *Adv Funct Mater*, Vol. 29, No. 1, p. 1806799.

Zhang, X., Jiao, S., Tu, J., Song, W.-L., Xiao, X., Li, S., Wang, M., Lei, H., Tian, D., Chen, H., Fang, D. (2019). "Rechargeable ultrahigh-capacity tellurium-aluminum batteries", *Energy Environ Sci*, Vol. 12, No. 6, pp. 1918–1927.

Catalan, G., Scott, J.F. (2009). "Physics and Applications of Bismuth Ferrite", *Adv Mater*, Vol. 21, No. 24, pp. 2463–2485.

Fischer, P., Polomska, M., Sosnowska, I., Szymanski, M. (1980). "Temperature dependence of the crystal and magnetic structures of $BiFeO_3$", *J Phys C: Solid State Phys*, Vol. 13, No. 10, pp. 1931–1940.

Phong, P.T., Salazar-Kuri, U., Van, H.T., Khien, N.V., Dang, N.V., Tho, P.T. (2020). "Influence of isothermal structural transition on the magnetic properties of Cr doped $Bi_{0.86}Nd_{0.14}FeO_3$ multiferroics", *J Alloys Compd*, No. 823, p. 153887.

Tho, P.T., Clements, E.M., Kim, D.H., Tran, N., Osofsky, M.S., Phan, M.H., Phan, T.L., Lee, B.W. (2018). "Crystal structure and magnetic properties of Ti-doped $Bi_{0.84}La_{0.16}FeO_3$ at morphotropic phase boundary", *J Alloys Compd*, No. 741, pp. 59–64.

Karpinsky, D.V., Troyanchuk, I.O., Tovar, M., Sikolenko, V., Efimov, V., Efimova, E., Shur, YaV., Kholkin, A.L. (2014). "Temperature and Composition-Induced Structural Transitions in $Bi_{1-x}La(Pr)_xFeO_3$ Ceramics", *J Am Ceram Soc*, Vol. 97, No. 8, pp. 2631–2638.

Karpinsky, D.V., Troyanchuk, I.O., Sikolenko, V., Efimov, V., Efimova, E., Willinger, M., Salak, A.N., Kholkin, A.L. (2014). "Phase coexistence in $Bi_{1-x}Pr_xFeO_3$ ceramics", *J Mater Sci*, Vol. 49, No. 20, pp. 6937–6943.

Khomchenko, V.A., Troyanchuk, I.O., Karpinsky, D.V., Das, S., Amaral, V.S., Tovar, M., Sikolenko, V., Paixão, J.A. (2012). "Structural transitions and unusual magnetic behavior in Mn-doped $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ perovskites", *J Appl Phys*, Vol. 112, No. 8, p. 084102.

Ogihara, H., Randall, C.A., Trolier-McKinstry, S. (2009). "Weakly Coupled Relaxor Behavior of $BaTiO_3$–$BiScO_3$ Ceramics", *J Am Ceram Soc*, Vol. 92, No. 1, pp. 110–118.

Ca, N.X., Lee, M.Y., Hong, N.T.M., Ba, D.N., Tho, P.T., Dang, N.V., Tran, N., Lee, B.W., Ha, L.T., Hue, L.T., Xuan, C.T.A. (2021). "Peculiar magnetism of $Bi_{1-x}Dy_xFeO_3$ ceramics at the morphotropic phase boundary", *J Alloys Compd*, No. 869, p. 159331.

Karpinsky, D.V., Troyanchuk, I.O., Trukhanov, A.V., Willinger, M., Khomchenko, V.A., Kholkin, A.L., Sikolenko, V., Maniecki, T., Maniukiewicz, W., Dubkov, S.V., Silibin, M.V. (2019). "Structure and piezoelectric properties of Sm-doped $BiFeO_3$ ceramics near the morphotropic phase boundary", *Mater Res Bull*, No. 112, pp. 420–425.

Habib, M., Lee, M.H., Kim, D.J., Akram, F., Choi, H.I., Kim, M.-H., Kim, W.-J., Song, T.K. (2021). "Phase diagram for Bi-site La-doped $BiFeO_3$-$BaTiO_3$ lead-free piezoelectric ceramics", *J Materiomics*, Vol. 7, No. 1, pp. 40–50.

Информация об авторах

Силибин Максим Викторович
Кандидат технических наук, доцент Института перспективных материалов и технологий, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Российская Федерация.
E-mail: sil_m@mail.ru

Information about the authors

Maxim V. Silibin
Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor of Institute of Advanced Materials and Technologies, National Research University of Electronic Technology "MIET", Russian Federation.
E-mail: sil_m@mail.ru

Живулько Вадим Дмитриевич
Кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией оптической спектроскопии, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению, Республика Беларусь.
E-mail: vad.zhiv@gmail.com

Радюш Юрий Владимирович
Кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией физики твердого тела, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению, Республика Беларусь.
E-mail: radyush@physics.by

Латушко Сергей Игоревич
Магистр наук, младший научный сотрудник лаборатории оксидных материалов, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению, Республика Беларусь.
E-mail: latushkasi@gmail.com

Желудкевич Дмитрий Викторович
Магистр наук, младший научный сотрудник лаборатории оксидных материалов, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению, Республика Беларусь.
E-mail: geludkevichdima@mail.ru

Шут Виктор Николаевич
Доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь. E-mail: shut@vstu.by

Кузнецов Андрей Александрович
Доктор технических наук, ректор, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: a-kuznetsov@tut.by

Соколова Анна Сергеевна
Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Информационные системы и технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: sokolova203509@gmail.com

Карпинский Дмитрий Владимирович
Доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией оксидных материалов, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению, Республика Беларусь.
E-mail: dmitry.karpinsky@gmail.com

Vadim D. Zhivulko
Candidate of Sciences (in Physics and Mathematics), Head of Laboratory of Optical Spectroscopy, Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus, Republic of Belarus.
E-mail: vad.zhiv@gmail.com

Yuriy V. Radyush
Candidate of Sciences (in Physics and Mathematics), Head of Laboratory of Solid State Physics, Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus, Republic of Belarus.
E-mail: radyush@physics.by

Siarhei I. Latushka
Master of Sciences, Junior Researcher of the Laboratory of Oxide Materials, Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus, Republic of Belarus.
E-mail: latushkasi@gmail.com

Dmitry V. Zhaludkevich
Master of Sciences, Junior Researcher of the Laboratory of Oxide Materials, Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus, Republic of Belarus.
E-mail: geludkevichdima@mail.ru

Victor N. Shut
Doctor of Science (in Physics and Mathematics), Professor of the Department "Automation of Production Processes", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: shut@vstu.by

Andrei A. Kuzniatsou
Doctor of Science (in Engineering), Rector, Professor of the Department "Automation of Production Processes", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: a-kuznetsov@tut.by

Hanna S. Sokalava
Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department "Information Systems and Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: sokolova203509@gmail.com

Dmitry V. Karpinsky
Doctor of Science (in Physics and Mathematics), Head of Laboratory of Oxide Materials, Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus, Republic of Belarus.
E-mail: dmitry.karpinsky@gmail.com

УДК 677.027.4 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-82-92

Применение экстракта корня лапчатки potentilla erecta в технологии крашения текстильных материалов

Н.В. Скобова
Н.Н. Ясинская
А.В. Горохова
Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Аннотация. В настоящее время для окрашивания текстильных материалов используют синтетические красители, которые характеризуются широкой цветовой гаммой, дешевизной производства, однако, являются экологически небезопасными, так как не поддаются биологическому разложению, вызывают загрязнение поверхностных водных источников, а также создают проблемы с их утилизацией. Разумным решением указанных проблем является использование натуральных красителей.

Предложена технология крашения текстильных материалов из натуральных волокон (хлопок, лен, шерсть) с использованием подземной части растения лапчатки прямостоячей (Potentilla Erecta). Известно, что интенсивность окраски текстильного материала в процессе крашения зависит от концентрации красящего вещества в рабочей ванне, повысить которую можно путем увеличения массы растительного сырья в красильной ванне, однако это приведет к еще большей материалоемкости процесса. Целью работы является выбор рациональных параметров подготовки одревеснев шего растительного сырья (корней лапчатки) к экстрагированию, обеспечивающих максимальный выход красящего вещества в рабочую ванну при минимальном расходе сырья.

Проведены исследования по выбору оптимального размера частиц сырья и рациональных параметров кавитационной обработки корней растений, обеспечивающих наилучшую экстракцию красящего вещества в рабочий раствор. Установлено, что при ультразвуковой обработке для минимизации коэффициента отражения звуковой энергии, усиления процесса растворения и вымывания красящего вещества из разрушенных клеток размер частиц сырья должен составлять не более 1 мм, мощность генератора не более 70 Вт, длительность обработки 50 минут. Результаты исследований могут быть рекомендованы для подготовки одревеснев ших частей растений других видов, применяемых в технологии крашения текстильных материалов.

Ключевые слова: корневище лапчатки прямостоячей, дробление, ультразвуковая обработка, спектрограмма, дубильные вещества.

Информация о статье: поступила 15 февраля 2024 года.

Application of centerlin root potentilla erecta extract in technology of dying of textile materials

Natallia V. Skobova
Natallia N. Yasinskaya
Anastasia V. Gorohova
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

Abstract. Currently, synthetic dyes are used for dyeing textile materials. These dyes are characterized by a wide range of colors and low production cost. However, they pose environmental risks, since they are not biodegradable, cause pollution of surface water sources, and also create disposal problems. A viable solution to these issues is the use of natural dyes.

A technology has been proposed for dyeing textile materials made from natural fibers (cotton, linen, wool) using the underground part of the Potentilla Erecta plant. It is known that the color intensity of textile material during the dyeing process depends on the concentration of the dye in the working bath. This concentration can be increased by augmenting the mass of plant materials in the dyeing bath, but this will lead to a greater material intensity of the process. The purpose of

the work is to select rational parameters for the preparation of lignified plant raw materials (cinquefoil roots) for extraction, ensuring maximum output of the dye into the working bath with minimal consumption of raw materials.
Research has been carried out to select the optimal particle size of raw materials and rational parameters for cavitation treatment of plant roots, ensuring the best extraction of the dye into the working solution. It has been determined that during ultrasonic treatment, in order to minimize the reflection coefficient of sound energy, enhance the process of dissolution and leaching of the dye from destroyed cells, the particle size of the raw material should be no more than 1 mm, the generator power shall not exceed 70 W, and the treatment shall last 50 minutes. The research results can be recommended for the preparation of woody parts of plants of other species used in the technology of dyeing textile materials.
Keywords: potentilla erecta rhizome, crushing, ultrasonic treatment, spectrogram, tannins.
Article info: received February 15, 2024.

Введение

На сегодняшний день интерес к природным красителям и пигментам, применяемым в текстильной отрасли, продолжает расти. Это подтверждается многочисленными исследованиями в области разработки и применения натуральных красителей из природных источников (Arora, Agarwal & Gupta, 2017; Mijas, G. et al., 2022; Mohammed Sayem et al., 2021; Salauddin, 2021; Samanta, 2020). Потребители стали очень внимательно относиться к проблеме загрязнения окружающей среды, что и обуславливает возрождение интереса к экотехнологии крашения текстильных материалов с использованием природного сырья.

Преимущества использования натуральных красителей не вызывают сомнений: экологически чистые, безопасные, легко извлекаемые из возобновляемых природных источников, придают материалам мягкие цветовые эффекты, не вызывают проблем со здоровьем человека (нетоксичны, защита от УФ, гипоаллергенны), не создают проблем при утилизации (полностью биоразлагаемые). Несмотря на перечисленные преимущества, натуральные красители ограничены в применении в широком масштабе, что связано с трудоемкостью их производства, низкой устойчивости к свету и стиркам, ограниченностью цветовой гаммы, сложностью воспроизводства одного и того же цветового оттенка, а в некоторых регионах доступность красителей зависит от времени года.

Очевидно, что натуральные красители не могут заменить синтетические, однако технология натурального крашения текстильных материалов имеет большую перспективу среди производителей, заинтересованных в развитии экологически чистых технологий. В основном, внимание к данному направлению ограничено ремесленниками, небольшими частными компаниями, мелкими экспортерами и производителями, занимающимися производством и продажей высококачественного экологичного текстиля. Большой вклад в популяризацию данного направления имеют дизайнеры одежды и декора. Например, белоруска Екатерина Кабанова, основатель бренда POET.KA, разрабатывает коллекции двух направлений: аксессуары (платки, шарфы, палантины) и одежда (блузки, платья, брюки, юбки, жакеты, пальто). В качестве сырья ею используются белорусские ягоды, цветы, листья, семена и корни ["Fashion collection", 2018].

Благодаря экологической осведомленности производителей, осознанию степени загрязнения окружающей среды, связанной с синтезом, переработкой и использованием синтетических красителей, натуральные красители могут получить большую популяризацию и интерес среди промышленников и творческих людей.

В настоящее время для окрашивания текстильных материалов используются различные натуральные красители, экстрагируемые из стеблей, листьев, цветков, семян и корней растений, ягод, кожуры, коры деревьев, отходы пищевой промышленности. Пигменты могут быть заключёнными в пластидах или растворёнными в клеточном соке и находятся в органах, например в корнях или стеблях, и в тканях (кора), поэтому сырье может применяться как в свежем, так и в сушенном виде [Тасымбекова, Логинова и Нурмаханкызы, 2018; Ташмухамедов, Кутжанова и Кричевский, 2017].

Наличие многовидовой сырьевой базы на территории Республики Беларусь позволяет провести широкий спектр исследований по выбору растений, содержащих красящие вещества, для колорирования текстильных материалов (Сысой, 2019).

Авторами статьи последние несколько лет ведется работа по разработке технологии экокрашения текстильных материалов (Скобова, Ясинская и Воробьева

2023; Кузнецова и Скобова, 2022) с использованием наземных частей растений (стеблей, соцветий). Для расширения спектра получаемых цветов на материале была поставлена задача изучить особенности применения подземных частей растений – корней, на примере Potentilla Erecta.

Как известно, необходимую концентрацию красителя и других вспомогательных веществ в красильном растворе устанавливают в соответствии с требуемой интенсивностью окраски текстильного материала и красящей способностью красителя. При использовании натуральных красителей для получения насыщенных оттенков на материале требуется большой расход сырья, поэтому целью работы является выбор рациональных параметров подготовки растительного сырья (корней лапчатки) к экстрагированию, обеспечивающих максимальный выход красящего вещества в красильную ванну при минимальном расходе сырья.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований выбран корень лапчатки прямостоячей.

Лапчатка прямостоячая (Potentilla Erecta) – многолетнее травянистое растение, высотой от 15 до 50 см. Корневище цилиндрическое, деревянистое, короткое, почти горизонтальное, неравномерно утолщённое, изогнутое или прямое (рисунок 1). Значительные запасы лапчатки выявлены в Республике Беларусь, в частности в Витебской области, где она образует заросли на значительной площади, благодаря чему можно проводить заготовку сырья в большом количестве (Губанов, 2003).

Растение не токсично, широко используется в медицинских целях (Кароматов и Мавлонов, 2017). Для крашения текстильных материалов лапчатка разных видов использовалась населением с давних времен, особенно на территориях Украины, Польши и в Беларуси (Köhler, Bystry & Łuczaj, 2023).

Корневище Potentilla Erecta содержит 14–31 % дубильных веществ, которые подразделяются на два класса соединений – гидролизуемые и конденсированные танины. Гидролизуемые танины, в свою очередь, включают галлотанины и эллагитанины. Галлотанины при кислотном гидролизе образуют D-глюкозу и галловую кислоту, тогда как эллагитанины дают нерастворимый в воде осадок эллаговой кислоты.

Конденсированные дубильные вещества (проантоцианидины) содержатся в преобладающем количестве в растениях лапчатки, и представлены, как процианидинами, так и проделфинидинами (рисунок 2) (Поляков, Калашникова и Киракосян, 2019).



Рисунок 1 – Лапчатка прямостоячая (Potentilla Erecta)
Figure 1 – Cinquefoil erecta (Potentilla Erecta)

В промышленности танины используются для дубления кожи и меха, приготовления чернил, протравливания текстильных волокон (Зефиров, 1995).

Технологический процесс подготовки растительного сырья и красильной ванны представлен на рисунке 3.

Корни растений собирали в конце сентября, промывали в холодной воде, разрезали на небольшие части и сушили при температуре 50 °С до полного высыхания.

Пигменты определенным образом встроены в мембраны тилакоидов. При получении вытяжки пигментов из растений происходит разрушение пигментбелковых комплексов, а свободные пигменты растворяются в органических растворителях. Процедура извлечения пигментов состоит в механическом разрушении клеточных структур (гомогенизация тканей растений). Поэтому вторым этапом подготовки был процесс дробления сырья с использованием механической дробилки. Полученное дробленое сырье просеивалось через сито с разным размером ячеек, в результате чего были отсортированы фракции с разным размером частиц, размер которых анализировался под микроскопом:

– 1 группа – крупные частицы со средним диаметром 9,12 мм;

– 2 группа – средний диаметр частиц 1,05 мм;

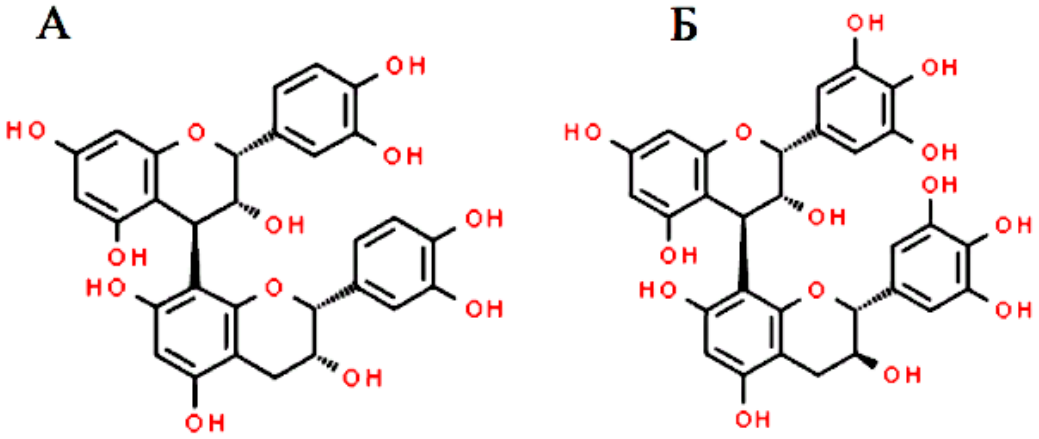


Рисунок 2 – Структура процианидина (А) и проделфинидина (Б)
Figure 2 – Structure of procyanidin (A) and prodelphinidin (B)

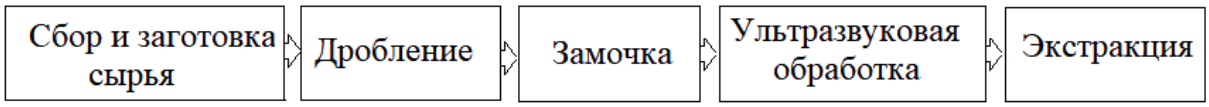


Рисунок 3 – Технологический процесс подготовки красильной ванны из растительного сырья
Figure 3 – Technological process for preparing a dye bath from plant materials

– 3 группа – средний диаметр частиц 0,55 мм (мелкая фракция).

Замочка сырья всех групп проводилась в течение 30 минут при температуре 40 °С в дистиллированной воде, с последующим его озвучиванием в ультразвуковой ванне в течении 20 минут при мощности генератора 60 Вт (режим выбран исходя из рекомендаций ранее проведенных исследований) (Скобова, Н.В., Ясинская, Н.Н. и Кузнецова, А.О., 2022).

В исследованиях использована лабораторная ультразвуковая ванна «Сапфир» УЗВ-1,3/2 (ЗАО НПО «Техноком»). Регулируемыми параметрами обработки являются время озвучивания раствора (от 1 до 99 мин), мощность генератора (до 100 Вт) и температура раствора (до 70 °С), нерегулируемым – рабочая частота колебаний (35 кГц) (Ясинская & Скобова, 2020).

Экстракция растительного сырья проходила в среде горячей воды с температурой 75 °С в течение 60 минут, pH = 5–6. Модуль ванны 1:15. По окончании этапа объем раствора доводился до первоначального уровня.

Для оценки интенсивности выхода красящего пигмента в водный раствор применялся спектрофотометрический метод анализа полученных растворов. Использование спектрофотометра позволяет количественно и качественно оценивать состав веществ, содержащихся в анализируемой пробе. Основа метода – способность химических соединений взаимодействовать с излучением, поглощая его. В процессе спектрофотометрического исследования находит применение излучение ультрафиолетовой (длина волны 200–400 нм), видимой (400–760 нм) и инфракрасной (760 и более нм) областей спектра.

В исследованиях использован спектрофотометр Solar 2201PB, работающий в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях спектра.

Исследования проводились в режиме поглощения на длине волн от 240 нм до 680 нм.

Результаты исследований

Спектрограммы полученных красильных растворов корня лапчатки (без разбавления) представлены на рисунке 4.

Анализ показывает, что ультразвуковая обработка сырья с размером частиц первой и второй группы способствует выходу большего числа красильных веществ, о чем свидетельствует двухволновой спектр диаграммы (линии 2 и 3). После экстракции сырья с малым размером частиц отмечается мутность раствора, спектрограмма водного раствора имеет одноволновой вид.

Из спектрограмм видно, что максимум спектра приходится на длину волны 350 нм и 410 нм – группа дубильных веществ, придающих раствору коричневый оттенок. Наиболее насыщенный оттенок раствора соответствовал образцу, полученному при экстракции частиц 2 группы.

На следующем этапе проведены исследования по выбору оптимальных режимов озвучивания одревеснивших частей растительного сырья – корней лапчатки, обеспечивающих максимальный выход красящего вещества в рабочий раствор.

Входными факторами выбраны технологические режимы работы ультразвуковой ванны: мощность генератора и время озвучивания. В качестве выходных параметров исследовали оптическую плотность раствора красильной ванны. Уровни варьирования факторов представлены в таблице 1. Эксперимент проводили по матрице Коно с тремя повторностями в каждой серии опытов.

На длине волны 340 нм оптические плотности растворов имеют близкие значения во всех сериях опытов, поэтому с помощью прикладной программы Statistica for Windows, аппроксимировали зависимость оптической плотности красильного раствора от параметров озвучивания полиномом второй степени для двух длин волн: в ультрафиолетовом и видимом спектре:

– на длине волны 280 нм

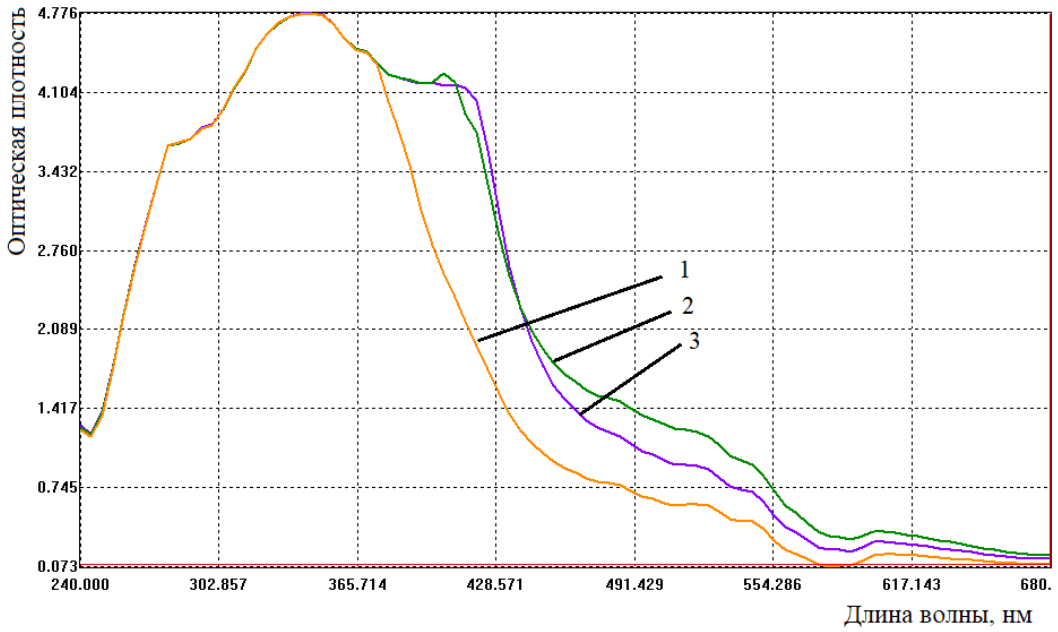
$$D_{280} = 3{,}903 - 0{,}056 \cdot W + 0{,}034 \cdot T + 0{,}039 \cdot W \cdot T - 0{,}072 \cdot W^2, \quad (1)$$

$$(R^2 = 0{,}965)$$

– на длине волны 430 нм

$$D_{430} = 4{,}157 - 0{,}00456 \cdot W + 0{,}0067 \cdot T - 0{,}0063 \cdot W^2. \quad (2)$$

$$(R^2 = 0{,}981)$$



1 – мелкие фракции (третья группа), 2 – средние фракции (вторая группа), 3 – крупные фракции (первая группа)

Рисунок 4 – Спектрограмма водных растворов корня лапчатки

Figure 4 – Spectrogram of aqueous solutions of Cinquefoil erecta root

Таблица 1 – Уровни варьирования входных факторов

Table 1 – Levels of variation of input factors

Факторы	Натуральные значения			Кодированные значения			Интервал варьирования
	нижний	основной	верхний	нижний	основной	верхний	
Мощность генератора, Вт (x_1)	40	70	100	-1	0	+1	30
Время озвучивания, мин (x_2)	20	40	60	-1	0	+1	20

Для оценки статистической значимости разработанных моделей проведен дисперсионный анализ. В таблице 2 для разработанных уравнений представлена сумма квадратов отклонений регрессии, критерий Фишера (F-value), значение которого для всех рассмотренных моделей значительно больше критического (Ft = 6,39), при уровне значимости p < 0,05, что указывает на достоверность разработанных моделей.

Анализ уравнений показывает, что на интенсивность окрашивания раствора красильной ванны оказывают влияние оба фактора: мощность генератора и время озвучивания.

По моделям (1) и (2) построены срезы графических образов полученных зависимостей, при фиксированном значении времени озвучивания (рисунок 5).

Анализ полученных результатов

Процесс экстрагирования, как правило, включает две фазы (Пономарев, 1976):

1) осмотическое набухание (замачивание) с растворением содержимого клетки (движение растворителя внутрь клетки);

2) экстрагирование, при котором из клетки через клеточные мембраны, поры и капилляры происходит транспорт макромолекул растворенных веществ в объем растворителя.

Процесс замачивания сухого сырья составляет 4–12 ч, зависит от скорости вытеснения воздуха из клетки, удерживаемого до тех пор, пока не произойдет его растворение в экстрагенте. При этом часть воздуха остается внутри клетки. При ультразвуковом воздействии возникает звукокапиллярный эффект, который не только ускоряет вытеснение пузырьков воздуха, но и создает условия для их растворения в жидкости. Это позволяет сократить время замачивания. В предлагаемой технологии за счет применения ультразвука время замачивания устанавливали 20 минут.

На эффективность процесса экстрагирования оказывает влияние морфо-анатомическое строение сырья и его дисперсность. При обработке сильно одревесневшего сырья – корней лапчатки, имеющих плотную оболочку клеток с малым количеством путепроводящих тканей и межклеточных пространств, размер частиц играет существенную роль при экстрагировании. Для интенсификации этого процесса важно обеспечить высокую степень дисперсности частиц для минимизации коэффициента отражения звуковой энергии, усиления процесса растворения и вымывания содержимого из разрушенных клеток. Чем меньше частицы измельченного сухого сырья, тем больше вновь образовавшихся капиллярных каналов и ниже адсорбционная прочность

Таблица 2 – Оценка значимости разработанных моделей

Table 2 – Assessment of the significance of the developed models

Эффект (Effect)	Сумма квадратов отклонений регрессий (Sum of Squares)	Критерий Фишера (F-value)	Уровень значимости (p-value)
Регрессия для модели (1)	133,7923	34273,68	0,000000
Регрессия для модели (2)	155,2105	10778510,2	0,000000

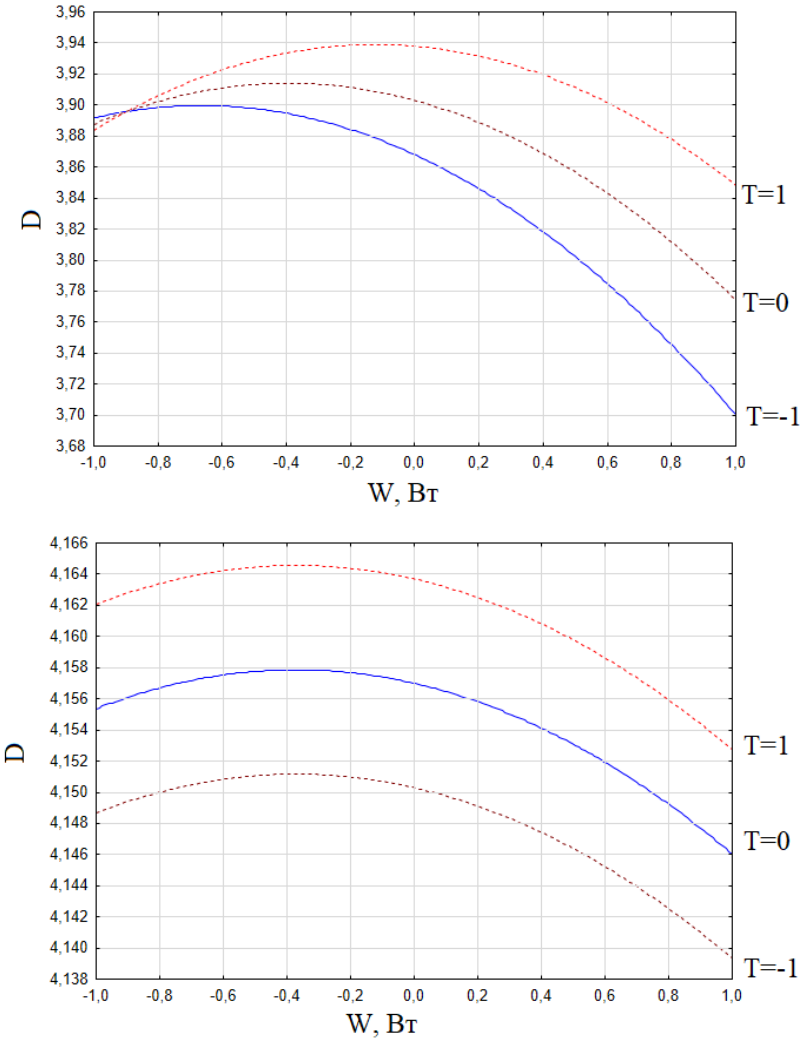


Рисунок 5 – Зависимость оптической плотности красильного раствора от мощности генератора и времени озвучивания на разных длинах волн спектра
Figure 5 – Dependence of the optical density of the dye solution on the generator power and sonication time at different wavelengths of the spectrum

сырья. В ходе исследований установлено, что для достижения оптимального выхода красящих веществ при ультразвуковой обработке корней лапчатки размер частиц должен составлять 1–2 мм.

Выход красящих веществ в рабочий раствор при УЗ экстрагировании в значительной степени зависит от параметров озвучивания (рисунок 5): для корневых частей растений рекомендуется мощность генератора устанавливать не более 70 Вт. Кавитационное воздействие с максимальной мощностью вызывает деструкцию клеток растения и не способствует увеличению насыщенности раствора. Длительность обработки рекомендуется устанавливать 40–50 минут.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено:

– размер частиц одревеснешего растительного сырья оказывает существенное влияние на интенсивность

окраски рабочего раствора, при использовании корней лапчатки прямостоячей рекомендуется измельчать сырье до величины 1–3 мм;

– предварительная ультразвуковая обработка корней лапчатки приводит к образованию дополнительных капиллярных каналов и снижению адсорбционной прочности сырья, что интенсифицирует процесс экстракции, рабочий раствор имеет более насыщенный оттенок, обусловленный выходом дубильных веществ;

– рекомендуемыми технологическими режимами озвучивания корней лапчатки являются мощность генератора 70 Вт, время озвучивания 50 мин;

– полученные результаты исследований можно рекомендовать для подготовки подземных частей других видов растений для получения красильных растворов для окрашивания текстильных материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Губанов, И.А. и др. (2003). *Potentilla erecta (L.) Raeusch. — Лапчатка прямостоячая, или Калган*. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Москва: Товарищество науч. изд. КМК, Российская Федерация.

Зефиров, Н.С., Кулов, Н.Н. и др. (1995). Химическая энциклопедия. *Москва: Большая российская энциклопедия*, Т. 4., С. 493–494.

Кароматов, И.Дж. и Мавлонов, С.С. (2017). Лекарственное растение – лапчатка гусиная, ползучая, *Биология и интегративная медицина*, № 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/lekarstvenoe-rastenie-lapchatka-gusinaya-polzuchaya (дата обращения: 23.02.2024).

Кузнецова, А.О. и Скобова, Н.В. (2022). Экокрашение – современный подход к народным традициям, *Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*. Т. 1, С. 318–321.

Поляков, Н.А., Калашникова Е.А. и Киракосян Р.Н. (2019). Новые данные о содержании дубильных веществ в растениях рода Potentilla L. *East European Scientific Journal*. № 12 (52), P.4-9, URL: https://eesa-journal.com/wp-content/uploads/04-08-Polyakov-N.A.-Kalashnikova-E.A.-Kirakosyan-R.N.-NOVYE-DANNYE-O-SODERZhANII-DUBILNYH-VEShESTV-V-RASTENIYaH-RODA-POTENTILLA-L.pdf (дата обращения 10.01.2024).

Пономарев, В.Д. (1976). *Экстрагирование лекарственного сырья*. Москва: Медицина, Российская Федерация.

Скобова, Н.В., Ясинская, Н.Н. и Воробьева А.С. (2023). Исследование влагорегулирующих свойств двухслойных трикотажных структур для функциональной одежды. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 44, С. 49. DOI:10.24412/2079-7958-2023-1-49-58.

Скобова, Н.В., Ясинская, Н.Н. и Кузнецова, А.О. (2022). Пути повышения эффективности крашения хлопчатобумажных тканей природными красителями, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 1 (42), С. 115. DOI:10.24412/2079-7958-2022-1-115-124.

Сысой, И.П. (2019). Продуктивность и устойчивость лекарственных растений природной флоры северной части Беларуси (на примере популяций модельных видов), *Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук*, Минск, URL: https://vak.gov.by/sites/default/files/2019-01/Автореферат_Сысой_2.pdf (дата обращения 30.01.2024).

Тасымбекова, А.Н., Логинова, Л.В. и Нурмаханкызы, Н. (2018). Крашение шерстяных материалов природными красителями, *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 5 (377), С. 120–124.

Ташмухамедов, Ф.Р., Кутжанова, А.Ж. и Кричевский, Г.Е. (2017). Золь-гель технология в крашении хлопчатобумажных тканей медным комплексом хлорофилла, *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 4 (370), С. 150–156.

Ясинская, Н.Н. и Скобова, Н.В. (2020). Ультразвуковая кавитационная обработка дисперсных систем текстильных аппретов, *Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*, Т. 50, № 4, С. 72–76. – DOI

10.46418/0021-3489_2020_50_04_13. – EDN FGBRXS.

Arora, J., Agarwal, P. and Gupta, G. (2017). Rainbow of Natural Dyes on Textiles Using Plants Extracts: Sustainable and Eco-Friendly Processes, *Green and Sustainable Chemistry*, № 7, pp. 35–47. doi: 10.4236/gsc.2017.71003.

Köhler, P., Bystry, A., & Łuczaj, Ł. (2023). Plants and Other Materials Used for Dyeing in the Present Territory of Poland, Belarus and Ukraine according to Rostafiński's Questionnaire from 1883. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12 (7), 1482, available at: https://doi.org/10.3390/plants12071482 (accessed 23 February 2024).

Mijas, G., Josa, M., Cayuela, D. and Riba-Moliner M. (2022). Study of Dyeing Process of Hemp/Cotton Fabrics by Using Natural Dyes Obtained from Rubia tinctorum L. and Calendula officialis. *Polymers*. 2022; 14 (21):4508, available at: https://doi.org/10.3390/polym14214508 (accessed 26 January 2024).

POET.KA – про естественность и красоту (2018). Fashion collection. URL: https://fcollection.by/poet-ka-pro-estestvennost-i-krasotu/ (дата обращения 29.01.2024).

Salauddin, Sk.M., Mia, R., Haque, M.A, and Shamim, A.M. (2021). Review on Extracton and Applicaton of Natural Dyes. *Textile & Leather Review*. 4(4). p. 218–233, available at: https://doi.org/10.31881/TLR.2021.09 (accessed 17 January 2024).

Samanta, P. (2020). A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. *IntechOpen*, Available at: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90038 (accessed 15 January 2024).

Sayem, ANM., Ahmed, F., Saha, P. and Talukder, B.A. (2021). Review on Natural Dyes: Raw Materials, Extraction Process, and their Properties. *Advance Research in Textile Engineering*; Vol. 6, Iss. 1: 1062, available at: https://www.researchgate.net/publication/350870928_A_Review_on_Natural_Dyes_Raw_Materials_Extraction_Process_and_their_Properties (accessed 12 February 2024).

REFERENCES

Gubanov, I.A. et al. (2003). *Potentilla erecta (L.) Raeusch. – Lapchatka prjamostojachaja, ili Kalgan* [Potentilla erecta (L.) Raeusch. – Cinquefoil erecta, or Kalgan]. Illustrated guide to plants of Central Russia. Moscow: Scientific Partnership. ed. KMK, Russian Federation (in Russian).

Zefirov, N.S., Kulov, N.N. et al. (1995). Chemical Encyclopedia [Himicheskaja jenciklopedija]. *Moscow: Great Russian Encyclopedia,* T. 4, P. 493–494 (In Russian).

Karomatov, I.J. and Mavlonov, S.S. (2017). Medicinal plant – cinquefoil anseri, creeping [Lekarstvennoe rastenie – lapchatka gusinaja, polzuchaja], *Biologija i integrativnaja medicina = Biology and Integrative Medicine*, № 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/lekarstvenoe-rastenie-lapchatka-gusinaya-polzuchaya (date of access: 02.23.2024) (In Russian).

Kuznetsova, A.O. and Skobova, N.V. (2022). Eco-dyeing – a modern approach to folk traditions [Jekokrashenie – sovremennyj podhod k narodnym tradicijam], *Materials of reports of the 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students*, Vol. 1, pp. 318–321 (In Russian).

Polyakov, N.A., Kalashnikova, E.A. and Kirakosyan R.N. (2019). New data on the content of tannins in plants of the genus Potentilla L. [Novye dannye o soderzhanii dubil'nyh veshhestv v rastenijah roda Potentilla L.] *East European Scientific Journal*. No. 12 (52), P. 4–9, available at: https://eesa-journal.com/wp-content/uploads/04-08-Polyakov-N.A.-Kalashnikova-E.A.-Kirakosyan-R.N.-NOVYE-DANNYE-O-SODERZhANII-DUBILNYH-VEShESTV-V-RASTENIYaH-RODA-POTENTILLA-L.pdf (accessed 10.01.2024) (In Russian).

Ponomarev, V.D. (1976). *Jekstragirovanie lekarstvennogo syr'ja* [Extraction of medicinal raw materials]. Moscow: Medicine, Russian Federation.

Skobova, N.V., Yasinskaya, N.N. and Vorobyova A.S. (2023). Study of the moisture-regulating properties of two-layer knitted structures for functional clothing [Issledovanie vlagoregulirujushhih svojstv dvuhslojnyh trikotazhnyh struktur dlja funkcional'noj odezhdy]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universitet = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, No. 44, P. 49. DOI:10.24412/2079-7958-2023-1-49-58 (In Russian).

Skobova, N.V., Yasinskaya, N.N. and Kuznetsova, A.O. (2022). Ways to increase the efficiency of dyeing cotton fabrics with natural dyes [Puti povyshenija jeffektivnosti krashenija hlopchatobumazhnyh tkanej prirodnymi krasiteljami,], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, № 1 (42), P. 115. DOI:10.24412/2079-7958-2022-1-115-124 (In Russian).

Sysoy, I.P. (2019). Productivity and sustainability of medicinal plants of the natural flora of the northern part of Belarus (on the example of populations of model species) [Produktivnost' i ustojchivost' lekarstvennyh rastenij prirodnoj flory severnoj chasti Belarusi (na primere populjacij model'nyh vidov)], *Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskih nauk = Abstract of the dissertation for the degree of candidate of biological sciences*, Minsk, available at: https://vak.gov.by/sites/default/files/2019-01/Автореферат_Сысой_2.pdf (accessed 30.01.2024) (In Russian).

Tasymbekova, A.N., Loginova, L.V. and Nurmakhankyzy, N. (2018). Dyeing of woolen materials with natural dyes [Krashenie sherstjanyh materialov prirodnymi krasiteljami], *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 5 (377), pp. 120–124 (In Russian).

Tashmukhamedov, F.R., Kutzhanova, A.Zh. and Krichevsky, G.E. (2017). Sol-gel technology in dyeing cotton fabrics with a copper chlorophyll complex [Zol'-gel' tehnologija v krashenii hlopchatobumazhnyh tkanej mednym kompleksom hlorofilla], *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 4 (370), P. 150–156 (In Russian).

Yasinskaya, N.N. and Skobova, N.V. (2020). Ultrasonic cavitation treatment of dispersed systems of textile finishing agents [Ul'trazvukovaja kavitacionnaja obrabotka dispersnyh sistem tekstil'nyh appretov], *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija legkoj promyshlennosti = News of higher educational institutions Technology of light industry*, Vol. 50, № 4, P. 72–76. DOI: 10.46418/0021-3489_2020_50_04_13. – EDN FGBRXS (In Russian).

Arora, J., Agarwal, P. and Gupta, G. (2017). Rainbow of Natural Dyes on Textiles Using Plants Extracts: Sustainable and Eco-Friendly Processes, *Green and Sustainable Chemistry*, № 7, pp. 35–47. DOI: 10.4236/gsc.2017.71003.

Köhler, P., Bystry, A., & Łuczaj, Ł. (2023). Plants and Other Materials Used for Dyeing in the Present Territory of Poland, Belarus and Ukraine according to Rostafiński's Questionnaire from 1883. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12 (7), 1482. https://doi.org/10.3390/plants12071482.

Mijas, G., Josa, M., Cayuela, D. and Riba-Moliner M. (2022). Study of Dyeing Process of Hemp/Cotton Fabrics by Using Natural Dyes Obtained from Rubia tinctorum L. and Calendula officialis. *Polymers*. 2022; 14 (21): 4508, available at: https://doi.org/10.3390/polym14214508 (accessed 26 January 2024).

POET.KA – about naturalness and beauty (2018). Fashion collection, available at: https://fcollection.by/poet-ka-pro-estestvennost-i-krasotu/ (accessed 29.01.2024) (In Russian).

Salauddin, Sk.M., Mia, R., Haque, M.A., and Shamim, A.M. (2021). Review on Extracton and Applicaton of Natural Dyes. *Textile & Leather Review*. 4 (4). p. 218–233, available at: https://doi.org/10.31881/TLR.2021.09 (accessed 17 January 2024).

Samanta, P. (2020). A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. IntechOpen, Available at: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90038 (accessed 15 January 2024).

Sayem, ANM., Ahmed, F., Saha, P. and Talukder, B.A. (2021). Review on Natural Dyes: Raw Materials, Extraction Process, and their Properties. *Advance Research in Textile Engineering*, Vol. 6, Iss. 1: 1062, available at: https://www.researchgate.net/publication/350870928_A_Review_on_Natural_Dyes_Raw_Materials_Extraction_Process_and_their_Properties (accessed 12 February 2024).

Информация об авторах | Information about the authors

Скобова Наталья Викторовна
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: skobova-nv@mail.ru

Ясинская Наталья Николаевна
Доктор технических наук, заведующий кафедрой «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь. E-mail: yasinskayann@rambler.ru

Горохова Анастасия Вадимовна
Студент, Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: gorohova2508@gmail.com

Natallia V. Skobova
Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: skobova-nv@mail.ru

Natallia N. Yasinskaya
Doctor of Science (in Engineering), Chair of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: yasinskayann@rambler.ru

Anastasia V. Gorohova
Student, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: gorohova2508@gmail.com

УДК 685.34.035.47 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-93-104

Влияние увлажнения на изменение свойств обувных картонов на основе целлюлозы

К.О. Бужинская, *Витебский государственный технологический университет,*
Т.М. Борисова, *Республика Беларусь*
А.Н. Буркин

Аннотация. В последнее время увеличилось количество возврата ношеной обуви от потребителей по причине возникновения дефектов основной стельки, таких как её растрескивание, проседание, разломы в области расположения решеток формованных подошв. В качестве материала для основных стелек в обувной промышленности применяется преимущественно картон, который представляет собой искусственный материал, состоящий из склеенных коротких целлюлозных волокон.

Цель работы – оценить влияние увлажнения на изменение свойств обувных картонов, проверить соответствие испытаний, предусмотренных стандартами для оценки качества стелечных картонов, реальным условиям эксплуатации обуви.

В соответствии со стандартными методиками исследованы физические, механические свойства картонов в сухом состоянии и после выдержки в воде в течение 2 часов и 24 часов, определены показатели влагоотдачи и гигроскопичности, намокаемости, изменение линейных размеров при увлажнении и высушивании. Проведен анализ структуры исследуемых картонов с использованием электронного микроскопа.

Проведенное исследование позволяет предположить, что испытания, предусмотренные стандартами для оценки качества стелечных картонов, не в полной мере отражают реальные воздействия на обувь при эксплуатации, так как, несмотря на соответствие показателей свойств картонов нормативам (за исключением намокаемости), потребителями отмечается расслоение и деформация основных стелек. Необходима разработка новых методик для оценки качества обувных картонов, в большей степени приближенных к условиям эксплуатации обуви.

Установлено, что в процессе увлажнения картонов адгезионные связи между волокном и пропиткой ослабевают (Cellsan) или частично разрушаются (Flexan, Flexan 10, Texon, Konitex), что приводит к снижению их прочностных характеристик. Большая величина намокаемости, вместе с небольшой влагоотдачей, приводит к разрушению картонов, так как повседневная обувь носится длительное время и в течении дня происходит значительное увлажнение картона, из которого изготовлены основные стельки. Решением данной проблемы может стать разработка материала для основных стелек, более устойчивого к воздействию влаги, который при намокании будет сохранять свою прочность. В дальнейшем необходимо провести исследования по оценке прочности обувных картонов после многократных увлажнений и высушиваний.

Область применения результатов – обувная промышленность.

Ключевые слова: обувной картон, основная стелька, физико-механические свойства картонов, структура картонов.
Информация о статье: поступила 05 марта 2024 года.

The effect of moisture on changing the properties of cellulose-based shoe cardboard

Karina O. Buzhinskaya *Vitebsk State Technological University,*
Tatyana M. Borisova *Republic of Belarus*
Alexander N. Burkin

Abstract. Recently, there has been an increase in the return of used shoes by consumers due to defects in the main insole. These defects include cracking, sagging, and breaks in the area where the molded sole grids are located. The shoe industry predominantly uses cardboard, an artificial material composed of glued short cellulose fibers, for the main insoles.

The purpose of the work is to evaluate the effect of humidification on the properties of shoe cardboards and to verify the

compliance of the quality assessment tests stipulated by the standards for insole cardboards with the actual operating conditions of shoes.
Standard methods were employed to study the physical and mechanical properties of cardboard in a dry state and after exposure to water for 2 hours and 24 hours. Parameters such as moisture transfer and hygroscopicity, wetness, and changes in linear dimensions during moistening and drying were determined. An electron microscope was used to analyze the structure of the cardboards under study.
The study indicates that the tests prescribed by the standards for assessing the quality of insole boards do not fully account for the real impacts on shoes during operation. Despite cardboard properties meeting the standards (with the exception of wetness), consumers report delamination and deformation of the main insole. Therefore, tt is necessary to develop new methods for assessing the quality of shoe cardboards that more closely resemble the operating conditions of shoes.
It has been determined that during the moistening of cardboards, the adhesive bonds between the fiber and the impregnation weaken (Cellsan) or are partially destroyed (Flexan, Flexan 10, Texon, Konitex), which leads to a decrease in their strength characteristics. A high degree of wetness, coupled with a minimal moisture release, results in the destruction of cardboard. This is because everyday shoes are worn for extended periods throughout a day, and significant moisture accumulates in the cardboard from which the main insoles are made. A solution to this problem could be the development of a material for the main insoles that is more resistant to moisture and retains its strength when wet. Future research should assess the strength of shoeboards after repeated wetting and drying cycles.
The results of this study are applicable to the shoe industry.
Keywords: shoe cardboard, main insole, physical and mechanical properties of cardboard, the structure of cardboard.
Article info: received March 05, 2024.

Введение

Важнейшая задача отечественной обувной промышленности в условиях постоянно растущей конкуренции – сохранение высокого качества выпускаемых изделий, которое во многом определяется качеством материалов и комплектующих, из которых изготовлена обувь.

Одной из наиболее важных и ответственных деталей обуви является основная стелька, которая выступает связующим звеном между затянутой заготовкой верха обуви и подошвой. От качества и состояния основной стельки во многом зависит срок службы всей обуви. Выход из строя стельки может привести к отрыву подошвы, потере жесткости геленочной части обуви, нарушению опорной функции низа обуви, возникающие дефекты могут привести и к болевым ощущениям и даже патологии стопы (Андреева и Кожевников, 2011; Муслимов и др., 2023).

В последнее время увеличилось количество возврата ношеной обуви от потребителя по причине возникновения дефектов основной стельки, таких как её растрескивание, проседание, разломы в области расположения решеток формованных подошв (Шрайннер и др., 2020; Кулик, 2017). В этом случае стелька теряет когезионную прочность, крошится, расслаивается и проваливается в решетку подошвы (рисунок 1), лишая стопу полноценной опоры, что приводит к дискомфорту при ходьбе, болевым ощущениям, возникновению мозолей, натоптышей в стопе, а также потере гигиенических свойств низа обуви. Сама конструкция обуви, потеряв связующее звено, начинает деформироваться и со временем обувь становится непригодной к носке. Таким образом, поиск решения данной проблемы очень важен для производителей обуви.

Потребители часто задают вопрос о целесообразности таких конструкций подошв и ставят под сомнение качество обуви с подошвами, имеющими решетки, или облегчительные полости. Однако, решётка в подошве – не признак некачественной обуви (Будина, Татарова и Яковлева, 2015; Никитина, Махоткина и Хисамиева, 2010; Кукушкина и др., 2019). В конструкции формованных подошв, то есть подошв, отлитых из полимеров на литьевых агрегатах (рисунок 2), облегчительные полости и решетки (ребра жесткости) предусмотрены для уменьшения веса при сохранении прочности (особенно актуально для модных в настоящее время громоздких подошв большой толщины); для снижения теплопроводности (воздушные полости являются хорошей теплоизоляционной прослойкой); снижения напряжений в подошве в местах изгиба (иначе по внутреннему радиусу материал подошвы испытывает сильное сжатие, а

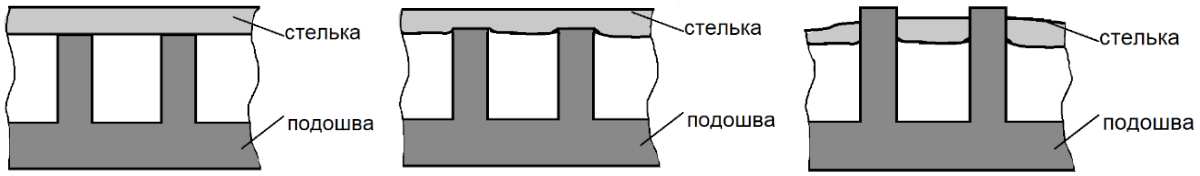


Рисунок 1 – Этапы разрушения основных стелек
Figure 1 – Stages of destruction of the main insoles



Рисунок 2 – Формованные подошвы
Figure 2 – Molded soles

следовательно, происходит излом подошвы); улучшения амортизационных свойств низа; и конечно, немаловажный фактор – для снижения себестоимости обуви.

Предварительный анализ показал, что возможными причинами возникающих проблем могут служить неправильно сконструированные решетки облегчительных полостей, а также сами материалы для основных стелек. В качестве материала для основных стелек в обувной промышленности применяется преимущественно картоны, которые представляют собой искусственные материалы, состоящие из склеенных целлюлозных волокон.

Обувные предприятия Республики Беларусь используют картоны зарубежных производителей (освоение выпуска обувных картонов на территории страны – актуальная задача импортозамещения).

В Республике Беларусь производителем импортозамещающих деталей низа обуви, а именно стелечных узлов для отечественных и ряда крупных обувных предприятий России является фирма ООО «Новый век» (г. Витебск), которая использует картоны марок Konitex, Hikinoro, Merkens, Lederett и других (Буркин и др., 2021).

Качество обувных картонов оценивается в соответствии с ГОСТ 9542–89 «Картон обувной и детали обуви из него. Технические условия», в котором представлена номенклатура показателей и технические требования к картонам различных марок. В работах (Томашева и др., 2012; Фурашова и Борисова, 2021) были проведены исследования стандартных показателей физико-механических свойств стелечных картонов, которые установили, что по большинству показателей физико-механических свойств импортные картоны соответствуют нормативным значениям, предъявляемым ГОСТ 9542–89 к обувным картонам стран СНГ, и являются технологически пригодными для использования в качестве материала основной стельки. Однако, несмотря на это, производители и потребители отмечают разрушение основных стелек в обуви в области, соответствующей плюсне-фаланговому сочленению стопы. Возможно, это связано с частым увлажнением этой зоны, так как целлюлозное волокно в составе картонов является достаточно гидрофильным.

Таким образом, цель работы – оценить влияние увлажнения на изменение свойств обувных картонов, проверить соответствие испытаний, предусмотренных

стандартами для оценки качества стелечных картонов, реальным условиям эксплуатации обуви. Задачи работы – исследовать стандартные показатели свойств до и после увлажнения, исследовать структуру картонов в сухом и увлажненном состоянии, оценить характер разрушения картонов после физических и механических воздействий.

Обьект и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны следующие картоны на основе целлюлозы, используемые для изготовления основных стелек марок: Cellsan, Flexan 10, Texon, Flexan, Konitex. Контрольным образцом для сравнения выбран российский картон СЦМ-Р.

Исследования структуры образцов проводили на металлографическом микроскопе «Altami MET 5», позволяющем получать изображения объектов с увеличением 10Х/0,25 BD. Анализ и обработка изображений в режиме реального времени осуществлялась с помощью сертифицированного программного обеспечения Altami Studio.

В процессе исследования картонов определялись стандартные показатели физических свойств материалов, такие как толщина и плотность, механических свойств картонов при растяжении в соответствии с методикой ГОСТ 9186–76 «Картон обувной и детали из него. Правила приемки и методы испытаний». Образцы вырезались в направлении раскроя, рекомендуемом производителями исследуемых картонов. Исследование свойств картонов проводилось в сухом и увлажненном состояниях. Определялись показатели влагоотдачи и гигроскопичности по методике ГОСТ 8971-78 «Кожа искусственная, пленочные материалы и обувной картон. Методы определения гигроскопичности и влагоотдачи», намокаемость, изменение линейных размеров при увлажнении и высушивании в соответствии с методикой ГОСТ 8972-78 «Кожа искусственная. Методы определения намокаемости и усадки».

Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1. Анализ полученных данных показал (рисунок 3), что при нахождении в условиях цеха (относительная влажность воздуха 40–50 %, температура 18–22 °С), предел прочности изменяется незначительно. Так, для картонов Flexan и Texon возрастает на 1,3 и 8,8 %, у остальных незначительно уменьшается (на 3,9–8,6 %). После замачивания на 2 часа предел прочности значительно уменьшается – на величину 50-73 % для картонов Flexan, Konitex, Flexan 10, у картона Cellsan (50 %) наблюдается наименьшее падение прочности, наибольшее (73 %) – у картона Konitex.

После замачивания на 24 часа, предел прочности продолжает снижаться: у картона Cellsan на 58,7 %, у Konitex и Flexan 10 на 74,9 %.

Относительное удлинение при разрыве после нахождения в условиях цеха уменьшилось только у картонов Cellsan (на 14,3 %) и Flexan (на 3,0 %), у остальных незначительно увеличилось на 1,5–5 % (рисунок 4).

После замачивания на 2 ч значительно выросло относительное удлинение картона Cellsan (на 61,9 %), у остальных в меньшей степени, на величину от 5 до 16,2 %. 24-х часовое замачивание также привело к увеличению относительного удлинения только для картона Cellsan – на 42,9 %, у остальных наблюдается снижение на 4,4–16,7 %.

Намокаемость картонов, благодаря наличию в составе целлюлозы, достигает значений: от 70 до 104 % за 2 часа, и только у картона Flexan 10 составила 47 % и оказалась в пределах норм ГОСТ 9542. За 24 часа величина намокаемости достигла величины 78–126 %.

Для показателя гигроскопичности разброс результатов невелик и находится в пределах 6,4–9 %.

Влагоотдача картонов Texon, Flexan, Konitex оказалась меньше рекомендуемой ГОСТом и находится в диапазоне 0,4–0,7 %. Картоны Cellsan и Flexan 10 имеют влагоотодачу 1 %.

Таким образом, после замачивания такой показатель как относительное удлинение для исследуемых образцов изменяется не значительно, а предел прочности резко снижается, причем величина падения прочности возрастает при увеличении времени воздействия влаги. Большая величина намокаемости и малая влагоотдача может приводить к разрушению картонов после носки в течении дня при отсутствии сушки обуви.

Изменение линейных размеров при увлажнении за два часа у всех картонов находится в пределах требований ГОСТ 9542. 24-часовое увлажнение образцов приводит к увеличению изменений линейных размеров до 1,5–1,8 % в продольном направлении (картоны Texon, Cellsan) и до 1,4 % в поперечном (Flexan). При высушивании усадка незначительная и находится в пределах 0,8 % после 2-ух часового увлажнения и 0,7 % после 24-х часового увлажнения.

Таблица 1 – Показатели физико-механических свойств стелечных материалов

Table 1 – Indicators of physical and mechanical properties of insole materials

Показатели / Материалы	Нормативы по ГОСТ 9542	СЦМ-Р	Cellsan	Flexan 10	Texon	Flexan	Konitex
Толщина, мм	–	1,8	1,7	1,7	2,0	1,7	1,8
Плотность, г/см^3	0,95, не более	0,65	0,56	0,47	0,51	0,52	0,53
Намокаемость, %:							
за 2 ч	50, не более	45	71	47	70	89	104
за 24 ч	–	–	89	78	115	122	126
Гигроскопичность, %	2,5, не менее	6,0	9,0	8,4	7,0	6,4	6,9
Влагоотдача, %	1, не менее	5,0	1,0	1,0	0,6	0,7	0,4
Изменение линейных размеров при увлажнении и высушивании, %:							
за 2 ч							
– при увлажнении в направлении:							
продольном	1,5 не более	1,0	0,3	0,1	0,1	0,7	1,3
поперечном	2, не более	1,5	1,0	0,2	0,8	1,7	0,5
– при высушивании в направлении:							
продольном	–	-1,0	-0,7	-0,5	0	-0,2	0
поперечном	–	-1,5	-0,8	-0,2	0	-0,3	0
за 24 ч							
– при увлажнении в направлении:							
продольном	–	–	1,8	0,2	1,5	0,2	1,0
поперечном	–	–	0,2	0,3	0,8	1,4	0,7
– при высушивании в направлении:							
продольном	–	–	-0,3	-0,1	-0,3	-0,2	-0,3
поперечном	–	–	-0,3	0	-0,2	-0,2	-0,7

В результате сравнения импортных картонов с российским картоном СЦМ-Р установлено, что они близки по большинству показателей, однако намокаемость и влагоотдача у СЦМ гораздо лучше. По показателю намокаемости ни один импортный картон не соответствует требованию ГОСТ 9542.

Для исследования структуры картонов в сухом и увлажненном состоянии и оценке характера разрушения картонов после физических и механических воздействий была проведена микроскопия, широко применяемая при оценке связеобразования волокон в картоне (Кирсанкин и др., 2018; Беляев, Казаков и Михайлова, 2014; Мидуков и Киров, 2021). Сложность восприятия получаемых снимков волокнистых материалов не позволяет разработать единый стандарт анализа микроскопических исследований, но использование снимков (рисунок 5) поперечного среза позволяет оценить межволоконные связи, установить границу слоев и отличить волокна различной природы.

Строение обувных картонов определяется строением волокон, составляющих волокнистую массу материала, и условиями формования (отлива) листов. Строение волокон зависит от вида исходного волокнистого сырья и характера его размола в процессах подготовки волокни-

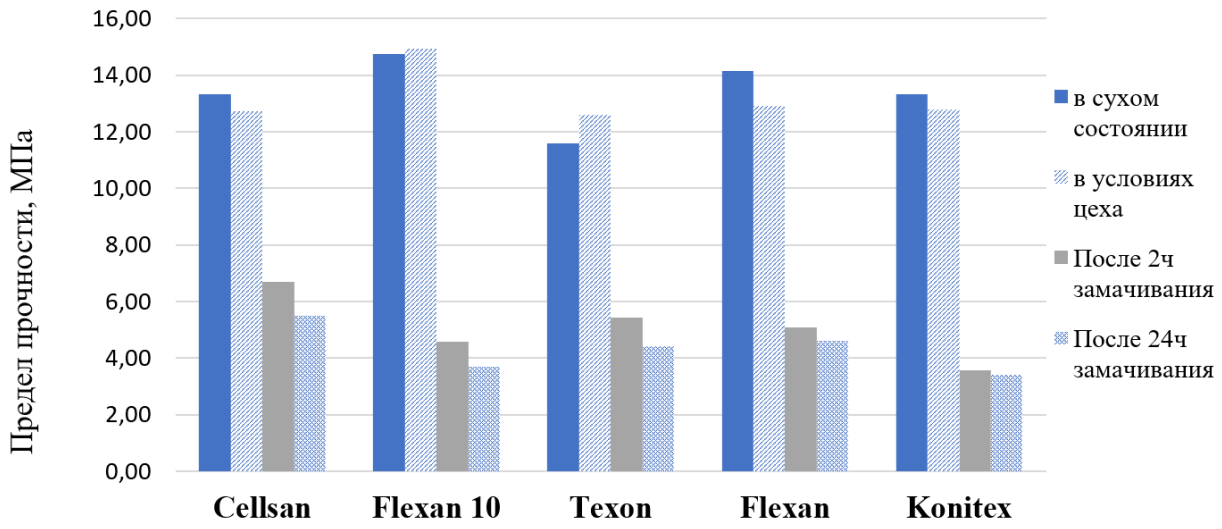


Рисунок 3 – Результаты исследования изменения предела прочности при растяжении картонов после увлажнения

Figure 3 – Results of a study of changes in tensile strength of cardboards after moistening

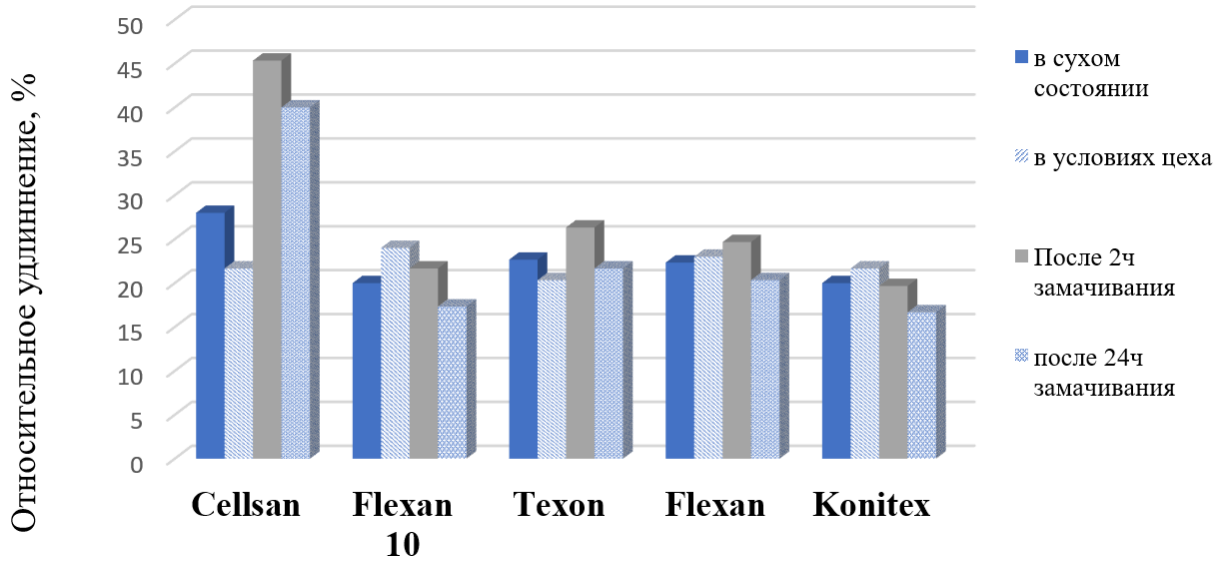
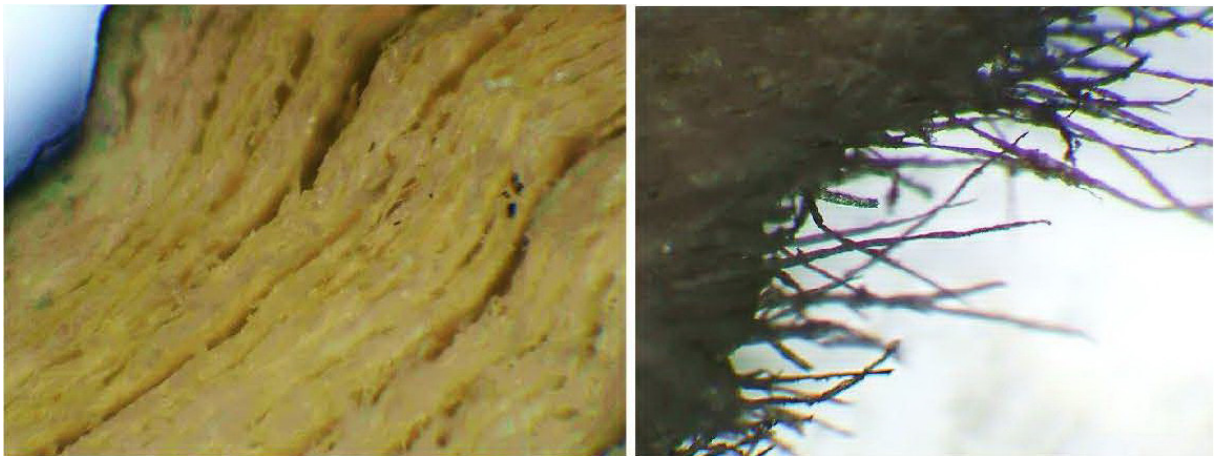
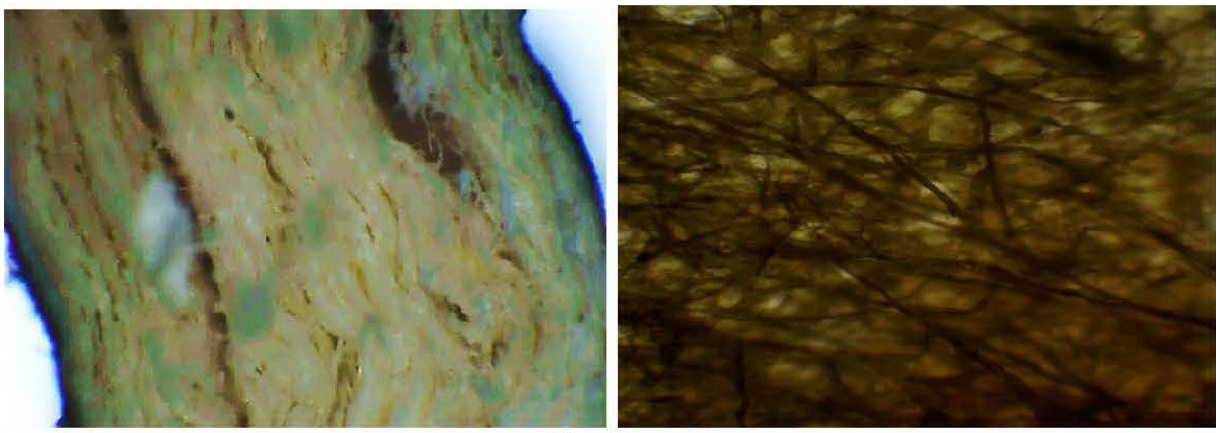


Рисунок 4 – Результаты исследования изменения относительного удлинения при растяжении картонов после увлажнения

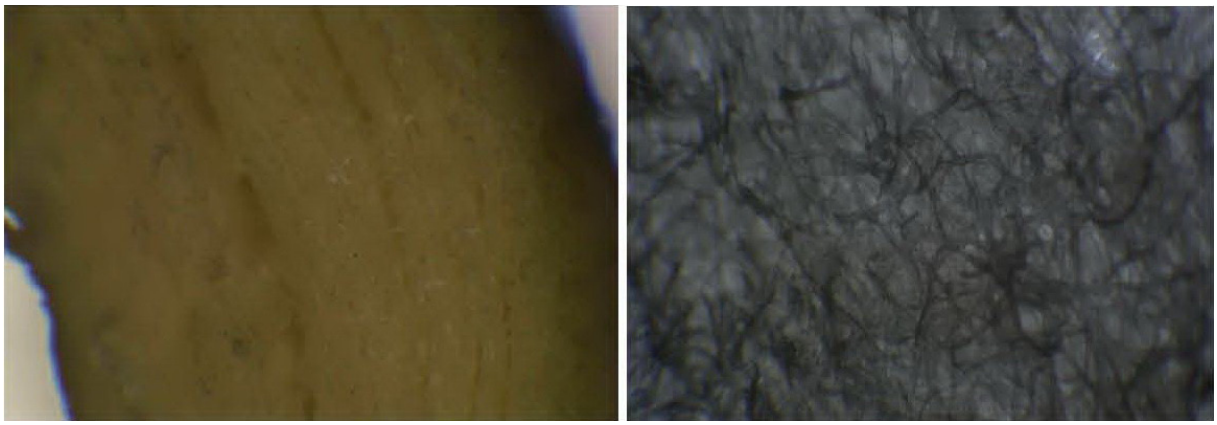
Figure 4 – Results of a study of changes in relative elongation during stretching of cardboards after moistening



Konitex



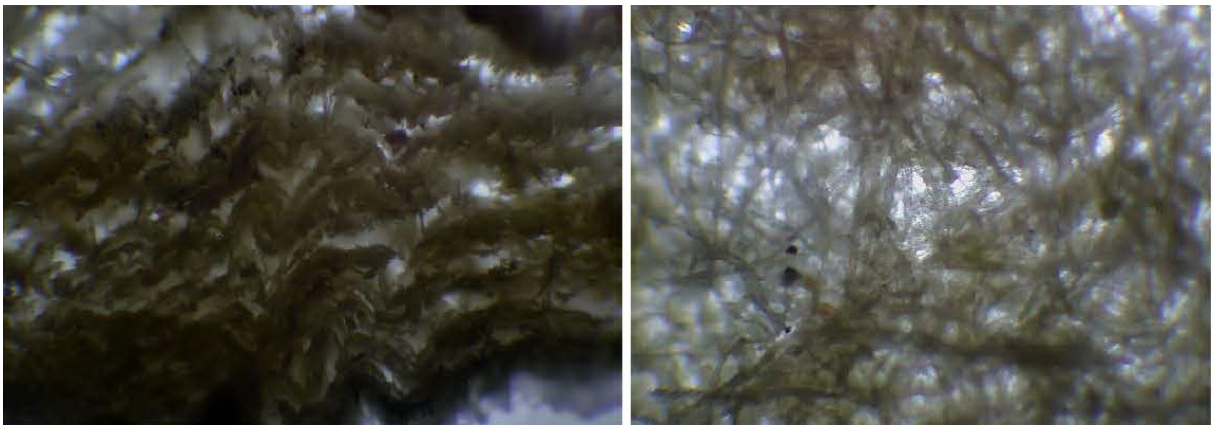
Texon



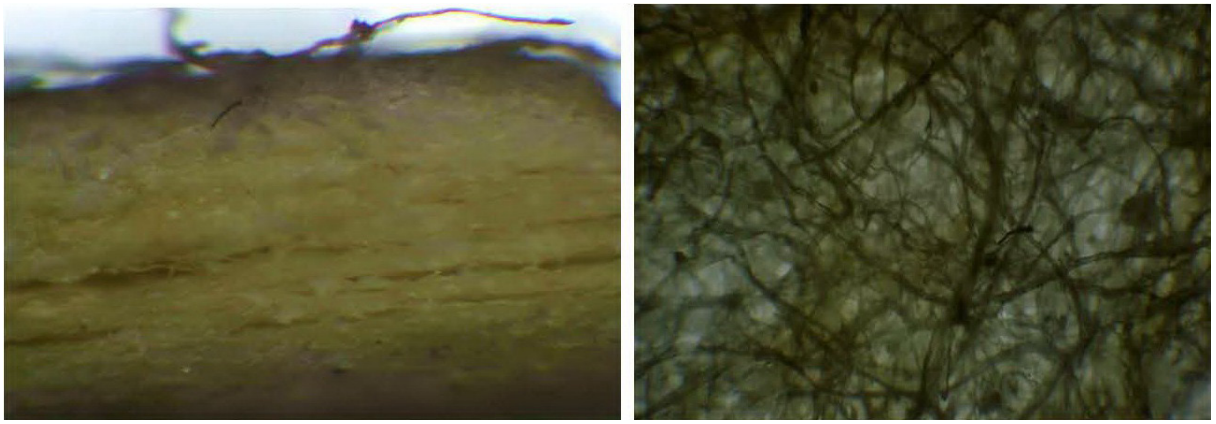
Cellsan

Рисунок 5 – Микроскопические фотографии поперечных срезов картонов на основе целлюлозы (10X/0,25 BD)

Figure 5 – Microscopic photographs of cross-sections of cellulose-based cardboards (10X/0.25 BD)



Flexan 10



Flexan

Окончание рисунка 5 – Микроскопические фотографии поперечных срезов картонов на основе целлюлозы (10X/0,25 BD)
Figure 5 – Microscopic photographs of cross-sections of cellulose-based cardboards (10X/0.25 BD)

стой массы к отливу. Условия формования листов определяют расположение волокон в картоне, направление преимущественной ориентации волокон, переплетение волокон и степень их взаимной связи. Существенным элементом строения обувных картонов является также распределение проклеивающих веществ в волокнистой массе, характер этих веществ и общее их количество по отношению к поверхности волокон.

Предварительный анализ структуры исследуемых картонов с использованием микроскопа «Altami MET 5» показал, что исследуемые картоны являются картонами многослойного отлива с весьма совершенной волокнистопористой структурой (Мидуков и Киров, 2021; Мидуков и др., 2019; Мидуков и др., 2020). При рассмотрении поперечных срезов образцов исследуемых картонов под микроскопом можно увидеть, что волокнистая масса в них расположена своеобразными пластами, состоящими из переплетенных волокон, ориентированных преимущественно в направлении, параллельном плоскости листов (рисунок 5). Образование слоев является результатом наслоения волокон во время формования листов картона.

В таких картонах пласты отделяются друг от друга, характерно расположение волокон в направлении, совпадающем с направлением подачи водой волокнистой массы на сетку круглосеточной машины. Проклеиваю-

щие вещества в зависимости от их природы и количественных соотношений с волокнистой массой распределены в картоне только на поверхности волокон или также и между волокнами. В исследуемых картонах волокна одного слоя слабо связаны с волокнами соседнего и расположены в направлении движения, поэтому прочность картона в этом направлении выше, чем в поперечном, т. е. картоны многослойного отлива анизотропны.

При выдержке образцов Konitex, Texon, Flexan и Flexan 10 в воде в течении 2 ч и 24 ч пласты в таких картонах отслаиваются и легко отделяются друг от друга, целлюлозные волокна набухают (рисунок 6). Этим можно объяснить значительное изменение свойств картонов после намокания.

У картона марки Cellsan отслаивания не произошло, в результате чего и отмечается значительное увеличение относительного удлинения и наименьшее среди остальных картонов снижение предела прочности при растяжении после выдержки в воде.

Выводы

Установлено, что испытания, предусмотренные стандартами для оценки качества стелечных картонов, узко отражают реальные воздействия на стельки при эксплуатации, так как, несмотря на соответствие показателей свойств картонов нормативам (за исключением намокаемости), потребителями отмечается расслоение и деформация основных стелек. Необходима разработка новых методик для оценки качества обувных картонов, в большей степени приближенных к условиям эксплуатации обуви.

В результате исследования структуры и физико-механических свойств картонов установлено, что наилучшим комплексом свойств при увлажнении из рассматриваемых в данной работе материалов обладает картон марки Cellsan. Данную марку можно рекомендовать обувным предприятиям для применения в качестве основных стелек, так как их использование будет способствовать повышению качества готовой обуви.

Установлено, что в процессе увлажнения картонов адгезионные связи между волокном и пропиткой ослабевают (Cellsan) или частично разрушаются (Flexan, Flexan 10, Texon, Konitex), что приводит к снижению их прочностных характеристик. Большая величина намокаемости, вместе с небольшой влагоотдачей, приводит к разрушению картонов, так как повседневная обувь носится длительное время и в течение дня происходит значительное увлажнение картона, из которого изготовлены основные стельки. Решением данной проблемы может стать разработка материала для основных

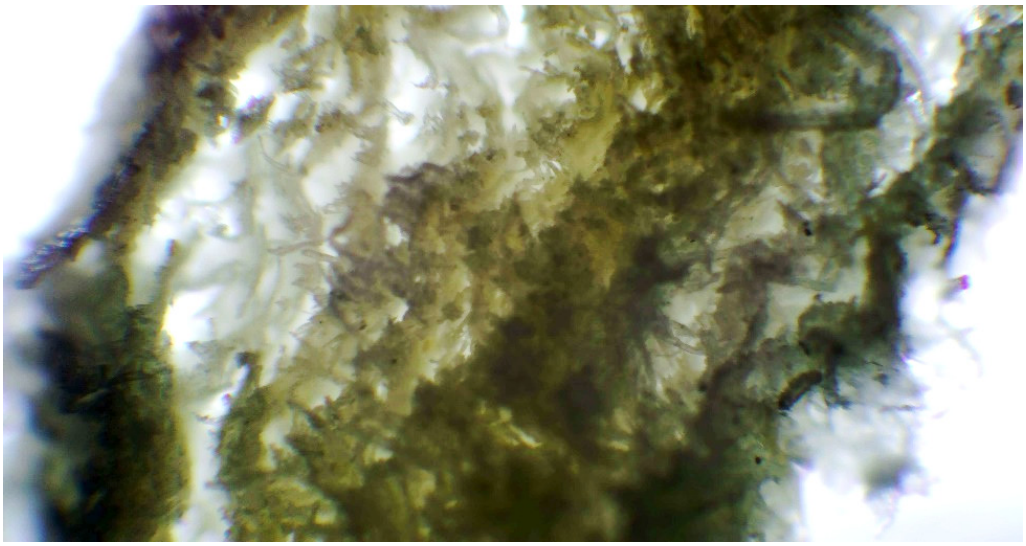


Рисунок 6 – Поперечный срез картона Flexan после выдержки в воде 24 ч (10X/0,25 BD)
Figure 6 – Cross section of Flexan cardboard after soaking in water for 24 hours (10X/0.25 BD)

стелек, более устойчивого к воздействию влаги, который при намокании будет сохранять свою прочность. В дальнейшем необходимо провести исследования по оценке прочности обувных картонов после многократных увлажнений и высушиваний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Андреева, С.Л. и Кажевников, С.Ю. (2011). Теоретические основы технологии повышения прочности картона из макулатуры полимерами. *Химия растительного сырья*, № 1, pp. 179–181.

Беляев, О.С., Казаков, Я.В. и Михайлова, О.С. (2014). Взаимосвязь макроструктуры и физико-механических свойств картона. *Вестник Казанского технологического университета*, № 23, pp. 47–49.

Будина, Г.И., Татарова, С.В. и Яковлева, Н.В. (2015). Совершенствование конструкторско-технологических решений для повышения качества обуви на формованной подошве. *Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна*, № 3, pp. 20–24.

Буркин, А.Н., Шевцова, М.В. и Шеремет, Е.А. (2021). Оценка значимости показателей качества обувных картонов. *Потребительская кооперация*, № 4, pp. 57–62.

Кирсанкин, А.А. и Михалева, М.Г. [и др.] (2018). Изучение топографии материалов на целлюлозной основе методом атомно-силовой микроскопии. *Лесной вестник*, vol. 22, № 1, pp. 84–93.

Кукушкина, В.С., Амосов, Е.К., Лифанов, А.А. и Яковлева, Н.В. (2019). Влияние анатомии и биомеханики стопы на эргономические свойства подошвы в процессе ее трехмерного проектирования. *Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*, vol. 44, № 2, pp. 92–95.

Кулик, Т.И. (2017). Метод расчета стержневых элементов низа обуви при кручении. *Вестник Херсонского национального технического университета*, № 1(60), pp. 130–135.

Мидуков, Н.П. [и др.] (2019). Исследование поперечного среза многослойного картона с использованием технологии ионной резки. *Химия растительного сырья*, № 4, pp. 387–397.

Мидуков, Н.П. [и др.] (2020). Морфологические свойства волокон сухого способа подготовки макулатуры при производстве картона. *Химия растительного сырья*, № 1, pp. 365–372.

Мидуков, Н.П. и Куров, В.С. (2021). Влияние микроструктуры картона на его механические свойства. *Химия растительного сырья*, № 4, pp. 361–371.

Мидуков, Н.П. и Куров, В.С. (2021). *Теоретические основы производства многослойного картона из макулатуры*. Санкт-Петербург, Россия.

Мусалимов, В.М., Ерофеев, Ю.С., Монахов, Ю.С. и Малов, М.С. (2023). Моделирование ударно-фрикционного взаимодействия стопы с опорной поверхностью с использованием базиса обобщенных функций Эрмита. *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*, vol. 66, № 8, pp. 652–659.

Никитина, Л.Л., Махоткина, Л.Ю. и Хисамиева, Л.Г. (2010). Особенности проектирования подошв из полимерных материалов и пресс-форм для их изготовления. *Вестник Казанского технологического университета,* № 9, pp. 373–376.

Томашева, Р.Н. [и др.] (2012). Комплексное исследование свойств современных стелечных картонов. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 22, pp. 47–53.

Фурашова, С.Л. и Борисова, Т.М. (2021). Сравнительный анализ картонов для подложки специальной обуви сандально-клеевого метода крепления. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2(41), pp. 90–103.

Шрайннер Т. [и др.] (2020). Влияние сухого диспергирования макулатуры на свойства многослойного картона. *Химия растительного сырья*, № 4, pp. 251–260.

REFERENCES

Andreeva, S.L. and Kazhevnikov, S.Yu. (2011). Theoretical foundations of technology for increasing the strength of cardboard from waste paper with polymers [Teoreticheskie osnovy tekhnologii povysheniya prochnosti kartona iz makulatury polimerami]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant materials*, no. 1, pp. 179–181 (in Russian).

Belyaev, O.S., Kazakov, Ya.V. and Mihajlova, O.S. (2014). Relationship between macrostructure and physical and mechanical properties of cardboard [Vzaimosvyaz' makrostruktury i fiziko-mekhanicheskih svojstv kartona]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Kazan Technological University*, no. 23, pp. 47–49 (in Russian).

Budina, G.I., Tatarova, S.V. and Yakovleva, N.V. (2015). Improving design and technological solutions to improve the quality of shoes with molded soles [Sovershenstvovanie konstruktorsko-tekhnologicheskih reshenij dlya povysheniya kachestva obuvi na formovannoj podoshve]. *Vestnik molodyh uchenyh Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna = Vestnik of young scientists of the St. Petersburg State University of Technology and Design*, no. 3, pp. 20–24 (in Russian).

Burkin, A.N., Shevcova, M.V. and Sheremet, E.A. (2021). Assessing the significance of shoeboard quality indicators [Ocenka znachimosti pokazatelej kachestva obuvnyh kartonov]. *Potrebitel'skaya kooperaciya = Consumer Cooperation*, no. 4, pp. 57–62 (in Russian).

Kirsankin, A.A. and Mihaleva, M.G. [i dr.] (2018). Study of the topography of cellulose-based materials using atomic force microscopy [Izuchenie topografii materialov na cellyuloznoj osnove metodom atomno-silovoj mikroskopii]. *Lesnoj vestnik = Forestry Bulletin*, vol. 22, no. 1, pp. 84–93 (in Russian).

Kukushkina, V.S., Amosov, E.K., Lifanov, A.A. and Yakovleva, N.V. (2019). The influence of the anatomy and biomechanics of the foot on the ergonomic properties of the sole in the process of its three-dimensional design [Vliyanie anatomii i biomekhaniki stopy na ergonomicheskie svojstva podoshvy v processe ee trekhmernogo proektirovaniya]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti = News of higher educational institutions. Light industry technology*, vol. 44, no. 2, pp. 92–95 (in Russian).

Kulik, T.I. (2017). Calculation method for core elements of shoe bottoms in torsion [Metod rascheta sterzhnevyh elementov niza obuvi pri kruchenii]. *Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta = Vestnik of Kherson National Technical University*, no. 1 (60), pp. 130–135 (in Russian).

Midukov, N.P. [i dr.] (2019). Study of the cross-section of multilayer cardboard using ion cutting technology [Issledovanie poperechnogo sreza mnogoslojnogo kartona s ispol'zovaniem tekhnologii ionnoj rezki]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw materials*, 2019, no. 4, pp. 387–397 (in Russian).

Midukov, N.P. [i dr.] (2020). Morphological properties of fibers of the dry method of preparing waste paper in the production of cardboard [Morfologicheskie svojstva volokon suhogo sposoba podgotovki makulatury pri proizvodstve kartona]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw materials*, no. 1, pp. 365–372 (in Russian).

Midukov, N.P. and Kurov, V.S. (2021). The influence of cardboard microstructure on its mechanical properties [Vliyanie mikrostruktury kartona na ego mekhanicheskie svojstva]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw materials*, no. 4, pp. 361–371 (in Russian).

Midukov, N.P. and Kurov, V.S. (2021). *Teoreticheskie osnovy proizvodstva mnogoslojnogo kartona iz makulatury* [Theoretical foundations for the production of multilayer cardboard from waste paper]. Sankt-Petersburg, Russia (in Russian).

Musalimov, V.M., Erofeev, Yu.S., Monahov, Yu.S. and Malov, M.S. (2023). Modeling of impact-friction interaction of the foot with the supporting surface using the basis of generalized Hermite functions [Modelirovanie udarno-frikcionnogo vzaimodejstviya stopy s opornoj poverhnost'yu s ispol'zovaniem bazisa obobshchennyh funkcij Ermita]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie = News of higher educational institutions. Instrumentation*, vol. 66, no. 8, pp. 652–659 (in Russian).

Nikitina, L.L., Mahotkina, L.Yu. and Hisamieva, L.G. (2010). Features of the design of soles made of polymer materials and molds for their production [Osobennosti proektirovaniya podoshv iz polimernyh materialov i press-form dlya ih izgotovleniya]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Kazan Technological University*, no. 9,

pp. 373–376 (in Russian).

Tomasheva, R.N. [i dr.] (2012). Comprehensive study of the properties of modern insole boards [Kompleksnoe issledovanie svojstv sovremennyh stelechnyh kartonov]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, vol. 22, pp. 47–53 (in Russian).

Furashova, S.L. and Borisova, T.M. (2021). Comparative analysis of cardboards for the backing of special shoes using the sandal-adhesive fastening method [Sravnitel'nyj analiz kartonov dlya podlozhki special'noj obuvi sandal'no-kleevogo metoda krepleniya]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, no. 2 (41), pp. 90–103 (in Russian).

Shrajnner, T. [i dr.] (2020). The influence of dry dispersion of waste paper on the properties of multilayer cardboard [Vliyanie suhogo dispergirovaniya makulatury na svojstva mnogoslojnogo kartona]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant materials*, no. 4, pp. 251–260 (in Russian).

Информация об авторах | Information about the authors

Бужинская Карина Олеговна
Аспирант, Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: ermalovich110600karina@mail.ru

Борисова Татьяна Михайловна
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь. E-mail: kaversy@mail.ru

Буркин Александр Николаевич
Доктор технических наук, профессор кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь. E-mail: a.burkin@tut.by

Karina O. Buzhinskaya
Postgraduate Student, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: ermalovich110600karina@mail.ru

Tatyana M. Borisova
Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor of the Department "Clothing and Footwear Design and Technology", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus. E-mail: kaversy@mail.ru

Alexander N. Burkin
Doctor of Science (in Engineering), Professor of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: a.burkin@tut.by

УДК 331.5 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-105-121

Платформенная занятость: сущность, тенденции развития и особенности оценки

О.В. Зайцева *Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь*

Аннотация. Развитие цифровой экономики приводит к значительным изменениям в сфере труда и занятости во всем мире, проявляющимся в преобразовании традиционной структуры занятости, увеличении мобильности трудовых ресурсов, расширении использования нестандартных форм занятости.

Одной из новых и быстро развивающихся форм занятости является платформенная занятость. И несмотря на то, что она занимает еще малую долю общего рынка труда, занятость через онлайн-платформы является ярким доказательством технологических сдвигов и глобализации.

Актуальность изучения платформенной занятости обусловлена, во-первых, ее стремительным развитием, во-вторых, необходимостью понимания социально-экономических последствий (например, снижения социальной защищенности работников). Кроме того, актуальными становятся вопросы статистической оценки и развития эффективных стратегий регулирования платформенной занятости.

Цель работы состоит в выявлении особенностей платформенной занятости в Республике Беларусь и разработке направлений совершенствования ее оценки и регулирования.

В статье исследованы направления трансформации в сфере труда и занятости в условиях цифровизации экономики, проанализированы тенденции развития платформенной занятости в мире и в Республике Беларусь, а также выявлены особенности формирования информации о платформенной занятости.

По результатам исследования разработаны рекомендации по совершенствованию оценки и регулированию платформенной занятости в Республике Беларусь, включающие: изменения в нормативно-правовых актах; совершенствование сбора статистической информации; проведение углубленных исследований платформенной занятости; создание специальной структуры (совета) по вопросам развития платформенной занятости в Республике Беларусь.

Ключевые слова: платформенная занятость, платформенная экономика, гиг-экономика, нестандартные формы занятости.

Информация о статье: поступила 01 марта 2024 года.

Platform work: essence, trends, evaluation

Olga V. Zaitseva *Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus*

Abstract. The development of the digital economy is leading to significant changes in labour and employment worldwide. These changes include transformations in the traditional employment structure, increased labour mobility, and use of non-standard forms of employment.

Online platform work, a new and rapidly developing form of employment, is still a small part of the overall labour market. However, it is a clear sign of technological change and globalisation.

The relevance of studying platform work is due to its rapid development and the need to understand its socio-economic consequences (e.g. reduced social security of workers). In addition, the issues of statistical evaluation and the development of effective strategies for regulating platform work are becoming increasingly important.

The aim of the article is to identify the peculiarities of platform work in the Republic of Belarus and to propose ways to improve its assessment and regulation.

The article examines the directions of transformation in the sphere of labour and employment in the conditions of digitalisation of the economy, analyses the trends in the development of platform work in the world and in the Republic of Belarus, and identifies the peculiarities of the formation of information on platform work.
Based on the results of the study, the authors developed recommendations to improve the assessment and regulation of platform work in the Republic of Belarus. These recommendations include changes in legal and regulatory acts; improvements in the collection of statistical information; in-depth studies of platform work; creation of a special body (council) for the development of platform work in the Republic of Belarus.
Keywords: platform work, platform economy, gig-economy, non-standard forms of employment.
Article info: received March 01, 2024.

Введение

Развитие информационно-коммуникационных технологий, наряду с такими явлениями, как демографические и социальные изменения, глобализация, пандемия COVID-19, меняет характер экономической деятельности, труда и занятости. По мнению Европейского фонда улучшения условий жизни и труда, в этих условиях одним из трех векторов изменений, которые влияют на экономику и рынок труда, наряду с автоматизацией и цифровизацией, является развитие цифровых платформ (Eurofound, 2021, p. 4). По мнению Организации экономического сотрудничества и развития онлайн-платформы являются результатом инноваций в области технологий и одним из новых проявлений глобализации (OECD, 2019).

Появление большого количества цифровых платформ способствует эффективному взаимодействию между поставщиками услуг и потребителями, а также приводит к возникновению так называемой «платформенной экономики» (gig-экономики) и трансформации трудовых отношений в новую форму занятости – платформенную занятость, способствуя созданию новых возможностей для самозанятости и развитию электронного бизнеса.

Под платформенной занятостью понимается вид занятости, присущий платформенной экономике, характеризующийся использованием онлайн-платформ для взаимодействия платформенных занятых и заказчиков услуг. Таким образом, платформенная занятость характеризуется трехсторонними отношениями между платформенными занятыми, клиентом (заказчиком) и цифровой платформой (рисунок 1).



Рисунок 1 – Трехсторонние отношения при платформенной занятости
Figure 1 – Triangular relations in platform employmen

Источник: (ЦСР, 2022, с. 11).

Таким образом, актуальность изучения платформенной занятости обусловлена, прежде всего, быстрым ростом платформенной экономики, который приводит к необходимости детального изучения социальных и экономических последствий развития платформенной экономики для рынка труда и общества в целом.

Кроме того, широкое распространение платформенной занятости, как и других нестандартных форм занятости (Зайцева, 2023), меняет традиционные трудовые отношения, внося разнообразие в способы организации труда и заработков. Это создает ряд проблем для работодателей, работников и государства (ILO, 2022; OECD/ILO/European Union, 2023), среди которых можно выделить рост масштабов неформальной занятости и снижение социальной защищенности работников, хотя цифровые трудовые платформы также создают возможности и для официальной занятости. Все вышеперечисленное приводит к необходимости разработки эффективных механизмов регулирования платформенной занятости.

В условиях развития платформенной экономики становятся крайне актуальными вопросы формирования статистической информации, а также прогнозирования потребности в профессиональных навыках. Анализ того, какие навыки необходимы работникам, занятым в платформенной экономике, может дать полезную информацию о том, как совершенствовать систему профессионального образования в условиях растущей самозанятости, заёмного труда, дистанционной занятости.

Вопросы платформенной занятости затрагиваются во множестве зарубежных научных исследований (Bogliacino et al., 2019; Choudary, 2018; Codagnone, Karatzogianni and Matthews, 2018; De Stefano, 2016; De Stefano and Aloisi, 2018; Shevchuk and Strebkov, 2021; Бобков и Черных, 2020; Синявская и др., 2021; Синявская и др., 2022; Стребков, Шевчук и Спирина, 2015) и исследований международных организаций (Евросфонд (Eurofound, 2020), Глобальный институт McKinsey (McKinsey Global Institute, 2016), ОЭСР (OECD, 2019), Бостонская консалтинговая группа (Wallenstein et al., 2019), Международная организация труда (МОТ) (Berg et al., 2018; МОТ, 2018) и др.). В Республике Беларусь исследований, касающихся платформенной занятости, еще довольно мало (Ванкевич и Зайцева, 2015; Гуторова и Ванкевич, 2021; Зайцева, 2023; Томашевский, 2021 и др.).

Все вышеперечисленное подтверждает актуальность изучения данного явления в Республике Беларусь.

Целью исследования является выявление особенностей платформенной занятости в Республике Беларусь и разработка направлений совершенствования ее оценки и регулирования.

Обозначенная цель обусловила необходимость решения следующих задач:

– исследовать направления трансформации занятости в условиях цифровизации экономики в мире;

– оценить тенденции развития платформенной занятости в Республике Беларусь;

– выявить особенности формирования информации о платформенной занятости за рубежом;

– разработать рекомендации по совершенствованию статистической оценки и регулированию платформенной занятости в Республике Беларусь.

Методы и средства исследований

В качестве эмпирической базы исследования выступили данные о развитии платформенной занятости в мире, сформированные на основании отчетов Международной организации труда, Ассоциации государств Юго-Восточной Азии, а также точечных исследований по зарубежным странам. Для оценки платформенной занятости в Республике Беларусь были использованы данные с сайтов цифровых платформ (как белорусских, так и российских), результаты исследования, проведенного порталом rabota.by, а также данные выборочного обследования домашних хозяйств в целях изучения проблем занятости населения. Результаты исследования портала rabota.by позволили сделать выводы об особенностях платформенной занятости в сфере услуг такси. Данные выборочного обследования домашних хозяйств в целях изучения проблем занятости населения позволили оценить потенциал платформенной занятости в Республике Беларусь через показатели самозанятости, неформальной занятости и дополнительной занятости.

Оценка масштабов платформенной экономики

Все многообразие платформ цифрового труда Международная организация труда делит на две категории:

– онлайн-платформы на основе веб-технологий (web-based) – сводят заказчика и исполнителя, то есть физическое лицо или бизнес и исполнителя, который будет выполнять оплачиваемую работу удаленно;

– платформы на основе геолокации (location-based) – платформы, которые сводят клиента и бизнес, при этом услуги оказываются лично, в какой-то локации, а исполнителем часто выступает третье лицо; к этому типу относятся, в частности, услуги по ремонту, такси и

доставка (ILO, 2021, p.40).

Первая группа платформ включает фрилансерские и конкурсные платформы (например, Upwork, Kabanchik, Freelancer, Freelancehunt, 99designs, DesignHill), платформы микрозаданий (AMT, Appen, Clickworker, Microworkers), платформы конкурентного программирования (Kaggle, Topcoder, Codeforces), платформы медицинских консультаций (1Doc3, DocOnline).

Вторая категория платформ цифрового труда включает в себя: платформы такси, доставки, бытовых услуг, домашней работы, услуг по уходу (ILO, 2021, p.40).

Согласно статистике Международной организации труда, к 2020 году было активно 777 онлайн-платформ (ILO, 2021).

Информация, полученная МОТ из базы данных Crunchbase, показывает, что с 2010 по 2020 год количество платформ увеличилось более чем в 5 раз. Среди них наибольшую долю занимают платформы, специализирующиеся на курьерских услугах (49,2 %), за ними следуют сетевые платформы (36,4 %), услуги такси (13,6 %), и гибридные (смешанные) платформы (0,6 %) (рисунок 2).

О развитии платформенной занятости свидетельствует также увеличение численности занятых через онлайн-платформы.

По оценкам (Kässi, Lehdonvirta and Stephany, 2021) в 2021 году количество активных работников на пяти крупнейших англоязычных онлайн-платформах составило примерно 14 млн. человек.

Большинство работников онлайн-платформ сосредоточено в Азии. В 2021 году наибольшая доля англоязычных работников онлайн-платформ приходилась на Индию (33 %), Бангладеш (15 %) и Пакистан (9 %)[2]. Кроме того, к 2015 году на китайских онлайн-платформах числилось уже не менее 12 млн. работников. Азиатский регион также лидирует по количеству работников на онлайн-платформах, основанных на геолокации.

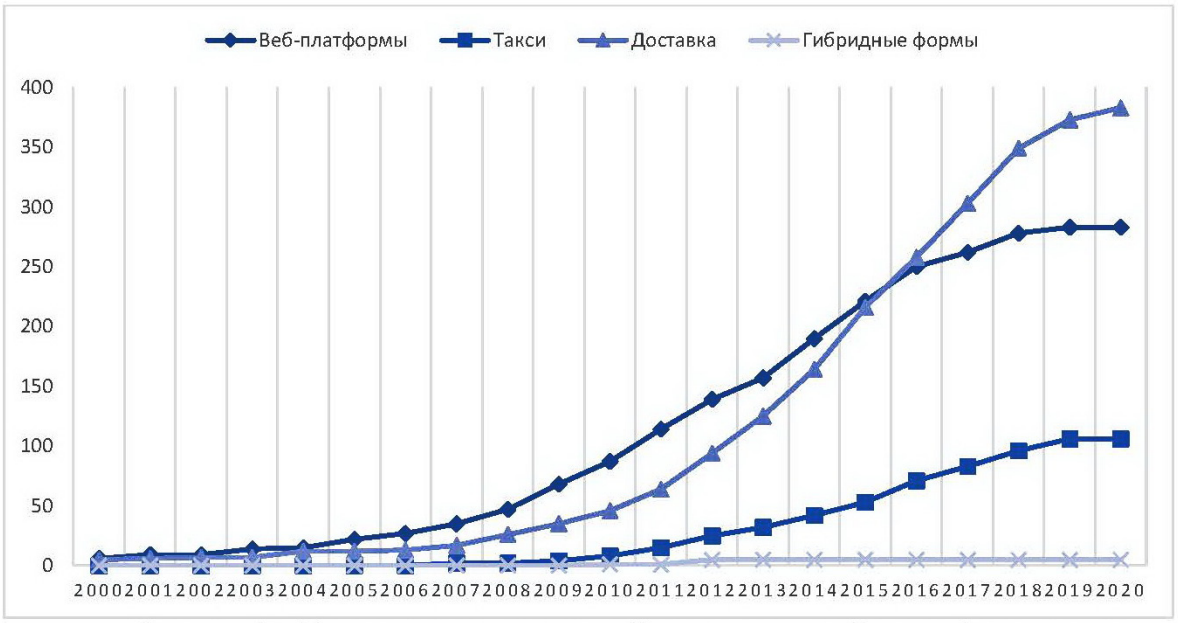


Рисунок 2 – Динамика количества действующих онлайн-платформ в мире
Figure 2 – Dynamics of the number of active online platforms worldwide

Источник: составлено автором по данным МОТ[1].

[1] https://ilo.org/infostories/Campaigns/WESO/World-Employment-Social-Outlook-Report-2021#digital-labour-platform

[2] ASEAN (2023), ASEAN Employment Outlook

Например, к 2020 году у платформы Grab было 2,8 млн. активных водителей по таким странам, как Индонезия, Малайзия, Филиппины, Сингапур, Таиланд и Вьетнам. А более 9 млн. микропредпринимателей в данном регионе зарабатывали на услугах Grab, не связанных с вождением. Компании Gojek в Индонезии и Ola Cabs в Индии также привлекли по 1 млн. водителей примерно в 2020 году.

В Восточной Европе и Центральной Азии к 2019 году на русскоязычных онлайн-платформах числилось не менее 8 млн. работников по всему региону (Shevchuk, Strebkov, 2021).

Согласно оценкам (Urzi Brancati, Pesole and Fernandez-Macías, 2020), в Европе около 1,4 % трудовых ресурсов заняты на онлайн-платформах (приблизительно 4,7 млн. работников). Это касается тех, кто работает на цифровых платформах не менее 20 часов в неделю и получает не менее 20 % своего дохода через эти платформы. Однако другие исследователи утверждают, что размеры платформенного труда в Европе значительно шире, считая, что примерно 28 млн. человек когда-либо занимались платформенной работой, независимо от уровня их вовлеченности. В целом среди платформенных работников преобладают мужчины, они обычно молоды и имеют высокий уровень образования. Тем не менее, данные (EIGE and Eurofound, 2023) указывают на увеличение доли женщин среди платформенных работников в последние годы.

В Латинской Америке и на Карибских островах также отмечается рост платформенной занятости (OECD, 2023). В Африке платформенная занятость развивается медленнее, чем в других регионах, однако ее масштабы постепенно растут (OECD, 2023).

Согласно таблице 1, наибольшую выручку получают платформы, оказывающие услуги такси и доставки. Сервисы такси особенно популярны в странах Серверной Америки и Центральной и Западной Азии, о чем свидетельствует объем выручки на платформах. Сервисы доставки наиболее популярны в Восточной Азии.

Международная организация труда в начале 2021 года провела исследование, касающееся занятости на онлайн-платформах (ILO, 2021). Среди основных выводов данного исследования можно выделить следующие:

1. В мире значительная часть выполняемых заданий на онлайн-платформах относится к сфере програм-

Таблица 1 – Примерная средняя годовая выручка цифровых платформ, 2019 (в млн. долларов США)

Table 1 – Estimated average annual revenues of digital platforms, 2019 (US$ million)

Регион	Доставка	Веб-платформы	Такси
Арабские государства	16.16	–	199.0
Австралия и Тихоокеанский регион	51.30	155.97	5.5
Центральная и Западная Азия	231.0	107.0	1000.0
Восточная Азия	910.6	21.28	400.5
Восточная Европа	9.03	7.93	500.69
Латинская Америка и Карибский бассейн	133.5	0.9	8.5
Северная Африка	5.0	–	3.0
Северная Америка	275.47	25.73	1613.5
Северная, Южная и Западная Европа	295.07	8.14	42.9
Южная Азия	69.04	3.77	114.98
Юго-Восточная Азия	7.64	6.5	5.9
Тропическая Африка	2.55	2.4	4.0

Источник: составлено автором по данным[3].

[3] ASEAN (2023), ASEAN Employment Outlook

мирования и технологий разработки программ, доля которой за период с 2018 по 2020 год выросла с 39 до 45 % (рисунок 3).

За период с 2018 по 2020 год доля профессиональных услуг, а также услуг сбыта и маркетинга выросла, а услуг создания творческой и аудиовизуальной продукции, написания и перевода текстов, канцелярских услуг и ввода данных – сократилась.

2. Большинство работников онлайн-платформ составляют лица младше 35 лет. Средний возраст работников платформ на основе веб-технологий составляет 31 год, причем в развитых странах он выше, чем в развивающихся (35 и 30 лет соответственно). Наиболее молодые работники встречаются на платформах конкурентного программирования (22 года), что указывает на использование онлайн-платформ как инструмента совершенствования профессиональных навыков.

В секторах такси и доставки, как правило, работают люди более младшего возраста (водители такси – 36 лет, курьеры – 29 лет), чем в традиционных секторах аналогичных услуг (водители такси – 44 года, курьеры – 31 год).

3. Работа на онлайн-платформах более характерна для мужчин. В развитых странах каждый четвертый работник онлайн-платформ на основе веб-технологий – женщины, в развивающихся – женщины составляют 20 % от всех работников. В такси и доставке удельный вес женщин составляет менее 10 % работников, причем в традиционных секторах их доля еще меньше (менее 5 %).

4. Большую часть платформенных работников составляют жители городов, в сельской местности (особенно в развивающихся странах) работников таких платформ всего 16 %.

5. Платформенные занятые, особенно в развивающихся странах, имеют высокий уровень образования. Высшее образование есть у более чем 60 % работников платформ. На фрилансерских платформах работников с высоким уровнем образования больше, чем на платформах микрозаданий и конкурентного программирования (83, 64 и 50 % соответственно). При этом на платформах конкурентного программирования больше работников, получающих образование, чем на фрилансерских платформах и платформах микрозаданий. Значительная часть работников платформ такси и доставки, в том числе женщины и молодежь, имеют высокий уровень образования. Хотя эти секторы нередко ассоциируются с неквалифицированным трудом, высокий уровень образования отмечается, соответственно, у 24 и 21 % водителей такси и курьеров.

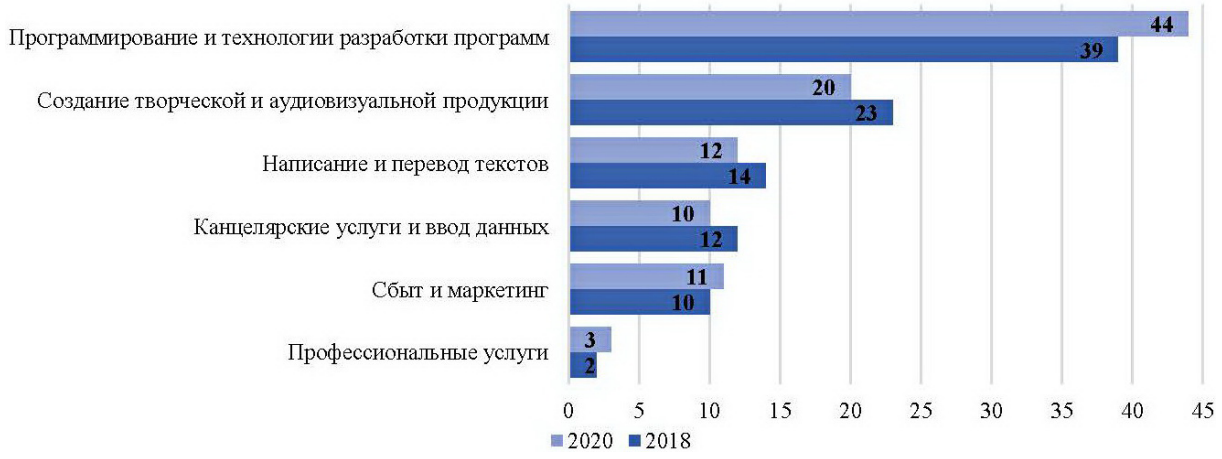


Рисунок 3 – Спрос на труд на пяти крупнейших онлайн-платформах (2018, 2020 гг.), доля в %
Figure 3 – Demand for labour on the five largest online platforms (2018, 2020), in %

Источник: ILO, 2021.

6. Основными причинами работы на онлайн-платформах являются: получение дополнительного дохода из других источников (39 %), желание или необходимость работать на дому или иметь свободный график работы (29 %), а также использование этой работы как формы досуга или развлечения (18 %).

Анализ платформенной занятости в Республике Беларусь

Республика Беларусь также находится на пути к цифровизации экономики, о чем свидетельствует положительная динамика развития ее цифровой инфраструктуры (таблица 2). При этом, большинство показателей

Таблица 2 – Динамика развития цифровизации экономики Республики Беларусь

Table 2 – Dynamics of the development of the digitalisation of the economy of the Republic of Belarus

Наименование показателя	2018	2019	2020	2021	2022
Валовая добавленная стоимость цифровой экономики, в % к ВВП	6.0	7.0	7.8	7.9	7.0
Инвестиции в основной капитал в цифровую экономику, в % к общему объему инвестиций в основной капитал	3.4	2.9	2.6	2.9	3.1
Иностранные инвестиции, поступившие в организации цифровой экономики, в % к общему объему иностранных инвестиций	5.6	7.3	7.6	10.2	11.8
Число организаций цифровой экономики, ед.	6741	6967	7045	7193	7368
Списочная численность работников организаций цифровой экономики, в % к общей списочной численности работников организаций	3.3	3.5	3.8	4.0	4.0
Количество абонентов и пользователей стационарного широкополосного доступа в сеть Интернет в разбивке по скорости передачи данных на 100 человек населения, ед.	34.0	34.2	34.8	35.0	34.0
Количество абонентов и пользователей беспроводного широкополосного доступа в сеть Интернет на 100 человек населения, ед.	86.5	89.9	92.6	97.8	101.3
Охват населения услугами сотовой подвижной электросвязи по технологии LTE (4G), %	75.7	76.0	89.5	97.4	98.0
Удельный вес населения в возрасте 6–72 лет, использующего сеть Интернет, в общей численности населения в возрасте 6–72 лет, %	79.1	82.8	85.1	86.9	89.5
Удельный вес организаций, использующих сеть Интернет для взаимодействия с поставщиками, в общем числе обследованных организаций, ед.	81.3	83.4	86.4	88.3	86.6
Удельный вес организаций, использующих сеть Интернет для взаимодействия с потребителями, в общем числе обследованных организаций, ед.	72,6	74,7	76,3	78,6	76.7
Количество оказанных электронных услуг и административных процедур посредством общегосударственной автоматизированной информационной системы, на 100 человек населения, ед.	57	60	77	194	833

Источник: составлено автором по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь[4].

[4] https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/informatsionno-telekommunikatsionnye-tekhnologii/tsifrovaya-ekonomika/

находится на уровне выше других стран СНГ.

Также о тенденциях цифровизации экономики Республики Беларусь свидетельствует динамика основных показателей, характеризующих уровень развития и внедрения информационных технологий (таблица 3).

По индексу развития информационно-коммуникационных технологий Республика занимала в 2017 году 32 место в мире (последние доступные данные[5]). Индекс глобального подключения, отражающий прогресс крупнейших стран мира в области перехода на цифровые технологии и показывающий взаимосвязь между уровнем инвестиций в ИКТ-инфраструктуру и экономическим ростом, основанным на ИКТ, в Республике Беларусь составил в 2020 году 46, что позволило ей сохранить 47 место в общемировом рейтинге, обогнав такие страны, как Турция, Украина, Аргентина и т. д.[6]

В Республике Беларусь исследований, касающихся оценки платформенной занятости, практически не проводилось, так как оценить масштабы платформенной экономики довольно сложно без проведения специализированных статистических исследований.

Автором был проведен анализ открытых источников, в результате чего были получены следующие данные об охвате платформенной занятостью белорусских работников.

Анализ онлайн-платформ на основе веб-технологий

Одной из основных тенденций последних двух лет является закрытие веб-платформ, которые были созданы в Беларуси и которыми пользовались белорусы (такие как платформы ITFreelance, насчитывающая в 2023 году более 25 тыс. фрилансеров, а также Фрилансер.бел и др.). Также, в период с 2020 по 2022 годы ушли с рынка труда Республики Беларусь и многие зарубежные платформы (крупнейшая платформа Upwork, Weblancer, Freelancehunt и др.), прекратили деятельность фриланс-платформы Украины, наиболее крупной из которых была платформа Kabanchik.

В этой связи, наиболее популярными среди белорусов становятся крупные российские онлайн-платформы, такие как FL.ru, Freelance.ru, kWork, Хабр Фриланс, freelancejob.ru, work-zilla.com и др.

К сожалению, масштабы вовлечения белорусских фрилансеров в работу через данные онлайн-платформы крайне сложно оценить, так как практически на всех платформах отсутствует возможность фильтрации исполнителей по стране проживания. Исключением является портал FL.ru – численность исполнителей из Беларуси на февраль 2024 года составляет 120 человек.

К онлайн-платформам на основе веб-технологий относятся также платформы медицинских консультаций.

В Республике Беларусь платформы медицинских консультаций в основном представлены возможностью онлайн-консультаций с врачом на портале 103.by[7]. Единичные частные медицинские центры также предоставляют услугу онлайн-консультаций (например, МЦ «ЛОДЭ»[8]). В целом, медицинские онлайн-консультации

Таблица 3 – Рейтинг индексов цифровой трансформации в Республике Беларусь за период 2015–2022 гг.

Table 3 – Digital transformation index ranking of the Republic of Belarus for 2015–2022

Показатель	2014	2016	2018	2020	2022
Индекс развития электронного правительства (UN Global E-Government Development Index – EGDI)	55	49	38	40	58
Индекс электронного участия (E-Participation Index – EPI)	92	76	33	57	90
Индекс глобального подключения (Global Connectivity Index – GCI, Huawei)	36 (за 2015)	39	43	46	н. д.
Глобальный инновационный индекс (Global Innovation Index – GII)	58	79	86	64	77

Источник: WIPO, 2022; WIPO, 2023; United Nations, 2022.

[5] https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2017.aspx

[6] https://www.huawei.com/minisite/gci/en/

[7] https://www.103.by/list/online-konsultatsii-vrachey/belarus/

[8] https://www.lode.by/services/online-consultation/

в Республике Беларусь еще не развиты настолько, насколько они развиты, например, в Российской Федерации.

Наиболее крупными платформами на основе геолокации, используемыми в Беларуси, являются сервисы такси Яндекс.такси, «Максим», сервисы доставки carte.by, Яндекс.Еда, delivio.by.

В 2023 году портал rabota.by (2023) провел исследование рынка труда такси, среди основных выводов которого можно назвать следующие:

– в такси трудятся в основном мужчины (93 %) в возрасте от 20 до 39 лет (60 %);

– работа в такси носит сезонный характер (в весенне-летний период спрос на водителей значительно возрастает);

– предложение труда со стороны водителей намного выше в Минске (37, 6 % резюме), Гомеле и Гомельской области (15,3 %), Бресте и Брестской области (13,2 %), Витебске и Витебской области (11 %);

– наблюдается рост конкуренции среди водителей такси в 2022 году по сравнению с 2020 годом (на одну вакансию приходится в среднем 3 резюме);

– наблюдаются расхождения между зарплатными ожиданиями и предложениями (в среднем на 200–300 белорусских рублей).

Так как такси в Республике Беларусь представлено в основном онлайн-сервисами, результаты данного исследования можно использовать в качестве выводов о тенденциях платформенной занятости в такси.

Также белорусами используются платформы по заказу услуг. Известная цифровая площадка Kufar насчитывает 33 тыс. объявлений в разделе «Услуги»[9]. На площадке Onliner.by в разделе «услуги» представлено около 418,4 тыс. заказов[10]. При этом 412,3 тыс. представлено в Минске и Минской области, в других областях количество заказов распределено практически одинаково и в разы меньше. Количество исполнителей на данной площадке составляет 31,5 тыс. исполнителей (в Минске и Минской области – 11,5 тыс. исполнителей, в других областях в среднем по 3 тыс.). Среди основных услуг предлагаются: строительные и отделочные работы, перевозки, ремонт техники и инструмента, уборка и т. д.

На портале «Яндекс услуги» представлены услуги 12900 специалистов[11], платформа Flagma показывает предложения по 47,6 тысячам объявлениям[12] (таблица 4).

Анализ динамики количества исполнителей различного вида услуг на крупнейших онлайн-площадках Республики Беларусь позволяет сделать вывод о значительном расширении использования онлайн-платформ для предоставления услуг.

Потенциал платформенной занятости может быть косвенно оценен через показатели самозанятости, неформальной занятости и дополнительной занятости (так как по оценкам зарубежных ученых (Berg et al., 2018; Wallenstein et al., 2019) она, как правило, выполняется в

Таблица 4 – Количество объявлений о предоставлении услуг (исполнителей) на онлайн-платформах Республики Беларусь, тыс. шт.

Table 4 – Number of advertisements for services (performers) on online platforms of the Republic of Belarus, in thousands

Платформа	2022	2024
Kufar услуги	31	33
Onliner.by услуги	31,5	418
Flagma	35,7	47,6
Яндекс.услуги	1,2	12,9

Источник: составлено автором.

[9] https://www.kufar.by/l/uslugi

[10] https://s.onliner.by/tasks

[11] https://uslugi.yandex.ru/149-belarus/catalog

[12] https://flagma.by/products/uslugi/

дополнение основной занятости).

В международной практике наиболее достоверной информацией о данных видах занятости обычно служат национальные обследования рабочей силы.

По результатам выборочного обследования домашних хозяйств в целях изучения проблем занятости населения имели дополнительную работу: в 2019 году 1,9 % занятого населения, в 2020 году – 1,7 %, в 2021 году – 1,5 %, в 2022 – 1,3 %. В неформальном секторе численность населения с дополнительной работой составляла на протяжении последних трех лет в среднем около 20 тысяч человек. Структура по полу в различный период варьировалась: в 2019, 2021 и 2022 году наблюдалось преобладание женщин в этой форме занятости, в 2020 году – мужчин.

Среди занятого населения в Республике Беларусь 4,5 % (по состоянию на 2022 г.) составляет самозанятое население. Вовлеченность в самозанятость мужчин (63 %) значительно большая, чем вовлеченность женщин. Мало отличается у самозанятых и наемных работников и уровень образования: в обоих секторах преобладают занятые с высшим и профессионально-техническим образованием.

Таким образом, результаты анализа онлайн-платформ, а также данных выборочного обследования домашних хозяйств в целях изучения проблем занятости населения могут потенциально свидетельствовать о развитии платформенной занятости в Республике Беларусь.

Особенности оценки платформенной занятости и направления ее совершенствования в Республике Беларусь

Во многих исследованиях, связанных с платформенной занятостью, отмечается то, что для этой формы занятости наиболее характерны дисбалансы в спросе и предложении (в том числе и навыков) (Graham, Hjorth and Lehdonvirta, 2017; ILO, 2021).

Например, исследование МОТ выявило различную степень вертикального и горизонтального несоответствия квалификации у работников онлайн-платформ на основе веб-технологий (фрилансерские, конкурсные и т. д.). Работники с более высоким уровнем образования не всегда находят работу, соответствующую их квалификации. Многие имеют более высокую квалификацию, чем требуется для выполнения заданий (рисунок 4), причем их доля варьируется незначительно в разрезе

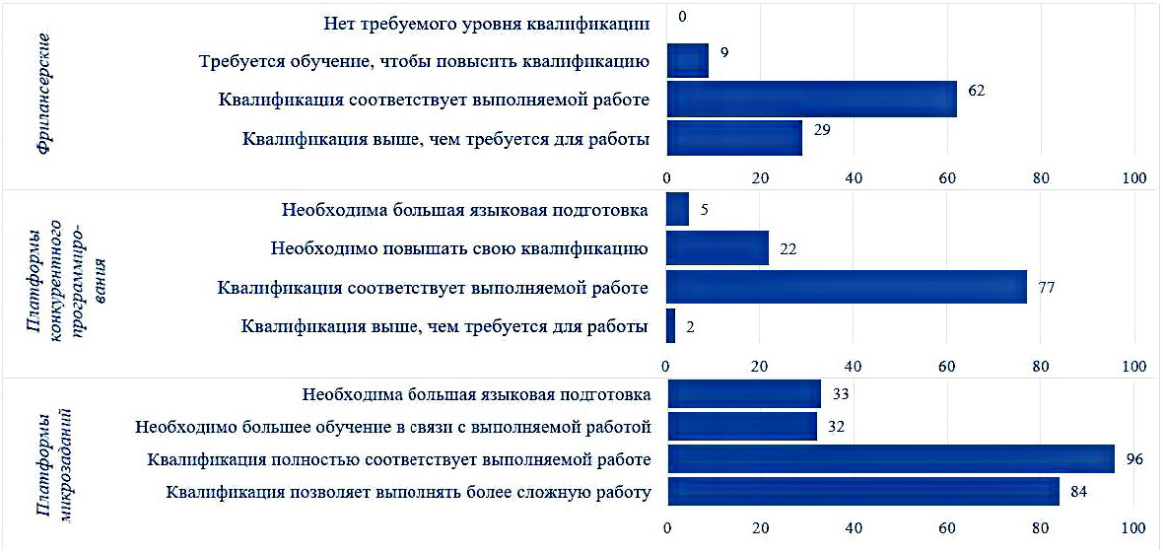


Рисунок 4 – Соответствие квалификации работников онлайн-платформ на основе веб-технологий характеру работы
Figure 4 – Matching the skills of workers in web-based online platforms

Источник: МОТ, 2021, с. 186.

пола.

Процесс развития и совершенствования профессиональных навыков в платформенной занятости радикально отличается от стандартной занятости. «Стандартные» работники могут рассчитывать на то, что их работодатели обеспечат непрерывное обучение по мере появления новых технологий на рабочем месте в то время, как краудворкеры сами отвечают за свое обучение и развитие навыков (Lehdonvirta, 2018).

На «стандартных» рынках труда важную роль в формировании навыков играют регулируемые государством квалификационные системы, но на онлайн-рынке труда формирование навыков, по-видимому, зависит от собственных данных и алгоритмов подбора краудворк-платформ. Поэтому стандартные инструменты в области профессиональных навыков и образования, которые используются для решения проблем нехватки и несоответствия навыков напрямую не применимы к платформенным занятым.

Наиболее успешным, на наш взгляд, проектом в области исследования платформенной занятости является исследовательский проект Cedefop «CrowdLearn» (Cedefop, 2020; Cedefop, 2021), который представляет из себя первое углубленное исследование, в котором изучается, каким образом в странах Европейского союза занятые через онлайн-платформы развивают свои навыки, и как эти платформы соотносят предложение навыков и спрос на них.

Данное исследование состоит из трех этапов (рисунок 5).

Рассмотрим этапы проведения исследования платформенных занятых в рамках проекта «CrowdLearn» более подробно.

Первый этап – исследовательский. В рамках него проводится обзор имеющихся публикаций по теме исследования.

Второй этап включает в себя проведение синхронного полуструктурированного интервью в режиме онлайн. В рамках этого этапа опрашиваются платформенные занятые, которые привлечены одним из трех способов (Cedefop, 2020):



Рисунок 5 – Этапы проведения исследования платформенных занятых в рамках проекта ‹‹CrowdLearn››
Figure 5 – Stages of the CrowdLearn platform workers survey project

Источник: составлено автором.

– путем отправки личного сообщения в профиле LinkedIn;

– путем размещения «вакансии» на одной из целевых платформ с рекламой проекта «CrowdLearn» и найма подходящих краудворкеров, подавших заявку;

– путем предложения подходящим краудворкерам подать заявку на размещенную «вакансию» через функцию приглашения к подаче заявок на платформе.

Интервью обычно длится от 45 до 60 минут и проводится с использованием Skype, Google Hangouts, WhatsApp или Facetime. Интервьюер задает вопросы по четырем темам:

– чему учатся краудворкеры в процессе работы на онлайн-платформе;

– по каким причинам краудворкеры учатся в процессе работы;

– как краудворкеры учатся;

– с кем учатся краудворкеры;

На этом же этапе проводится опрос представителей других заинтересованных групп (компании, пользующиеся онлайн-платформой, крупные клиенты онлайн-платформ, эксперты по вопросам политики и исследователи, профсоюзы, профессиональные ассоциации фрилансеров, государственные органы).

На третьем этапе проводится онлайн-опрос платформенных занятых с использованием анкеты «Обучение на рабочем месте в краудворке»[13].

Особый интерес может представлять типология навыков платформенных занятых, используемая в методологии исследования CrownLearn (Cedefop, 2020, p. 84–90). Обобщенная типология профессиональных навыков представлена в таблице 5.

Таким образом, в Республике Беларусь важно учитывать зарубежный опыт при проведении исследований платформенной занятости по нескольким причинам. Во-первых, зарубежный опыт может предоставить ценные уроки и примеры лучших практик в этой области. Опыт других стран позволяет избежать повторения ошибок и выбрать наиболее эффективные подходы.

Во-вторых, анализ зарубежного опыта поможет сравнить развитие платформенной занятости в Республике Беларусь с мировыми тенденциями. Это позволит более успешно адаптировать данный опыт под наши национальные особенности.

Кроме того, учет зарубежного опыта в исследованиях платформенной занятости может способствовать привлечению международного внимания к проблемам и потенциалу Беларуси в этой сфере. Это может привести к установлению партнерств и обмену опытом с другими странами, что, в свою очередь, будет способствовать развитию платформенной занятости в стране.

Заключение

Учитывая успешный зарубежный опыт, национальные особенности развития рынка труда, необходимость

Таблица 5 – Обобщенная типология навыков CrowdLearn

Table 5 – CrowdLearn summary typology of skills

Группа навыков	Пример
Технические/основные навыки	Программирование, графический дизайн, аналитика данных
Знание языков	Английский, французский, испанский
Коммуникативные навыки	Коммуникабельность, умение общаться с клиентами
Организаторские способности	Управление проектами, управление временем
Личностные характеристики	Независимость, уверенность, креативность, стойкость
Становление в качестве фрилансера	Налоги, получение разрешений на ведение бизнеса
Поиск работы на платформе	Ценообразование, подача заявок на работу

Источник: составлено автором по (Cedefop, 2020, pp. 84–90).

[13] С онлайн-версией интервью можно ознакомится здесь: https://oii.qualtrics.com/jfe/form/SV_ 6i1dJ2H1hVf9bP7

изучения и регулирования платформенной занятости в Республике Беларусь, важнейшими направлениями, на наш взгляд, должны стать:

1. Закрепление определения «платформенная занятость» и особенностей регулирования труда работников, занятых посредством цифровой платформы, в Трудовом кодексе Республики Беларусь;

2. Внесение вопроса о платформенной занятости в форму 4-т (занятость) выборочного обследования домашних хозяйств в целях изучения проблем занятости населения (например, «Выполнялась ли ваша работа посредством цифровой платформы?»);

3. Проведение углубленных исследований платформенной занятости с целью изучения особенностей ее развития, профессиональных навыков занятых, а также соответствия спроса и предложения на рынке труда платформенной занятости;

4. Создание специальной структуры (совета), объединяющего различных заинтересованных лиц с целью координации развития платформенной занятости в Республике Беларусь (по примеру Совета цифровых платформ в Российской Федерации).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Бобков, В.Н., Черных Е.А. (2020). Платформенная занятость: масштабы и признаки неустойчивости. *Мир новой экономики*. № 14 (2), с. 6–15.

Ванкевич, Е.В., Зайцева, О.В. (2015). Институциональное сопровождение занятости в процессе формирования е-экономики. *E-gospodarka w Europie Srodkowej i Wschodniej. Terazniejszosc i perspektywy rozwoju*, с. 63–68.

Гуторова, Е.В., Ванкевич, Е.В. (2021). Виртуальная мобильность платформенного работника: факторы, сопутствующие уклонению от официального оформления трудовой деятельности. *Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации*, Гомель. С. 44–47.

Зайцева, О. В. (2023). *Развитие нестандартных форм занятости в Республике Беларусь в условиях цифровизации экономики : монография*. Витебск.: УО «ВГТУ», Республика Беларусь.

МОТ (2018). Качество рабочего места в платформенной экономике, Женева, МОТ, доступно по: https://www.ilo.org/global/topics/future-of-work/publications/issue-riefs/WCMS_618382/lang--en/index.htm (дата доступа 14.01.2024)

МОТ (2021). *Перспективы занятости и социальной защиты в мире: Роль платформ цифрового труда в трансформации сферы труда*. Женева: МОТ, Швейцария.

Синявская, О.В. и др. (2021). *Платформенная занятость: определение и регулирование*. Москва: НИУ ВШЭ, Российская Федерация.

Синявская, О.В. и др. (2022). *Платформенная занятость в России: масштабы, мотивы и барьеры участия*. Москва: НИУ ВШЭ, Российская Федерация.

Стребков, Д.О., Шевчук А.В., Спирина, М.О. (2015). Развитие русскоязычного рынка удаленной работы, 2009–2014 гг. (по результатам Переписи фрилансеров). Москва: НИУ ВШЭ, Российская Федерация.

Томашевский, К.Л. (2021). Платформенная занятость: между трудовым, гражданским, налоговым правом. *Юстиция Беларуси*. № 8, с. 10-15.

ЦСР (2022). *Платформенная занятость: вызовы и возможные решения*. Фонд «Центр стратегических разработок» (ЦСР), доступно по: https://www.csr.ru/upload/iblock/6ca/krk89ha0yxx3ystja243obvc7ly8bntv.pdf (дата доступа: 20.02.2024).

RABOTA.BY (2023). Какой спрос был на водителей такси в 2022 году. Доступно по: https://rabota.by/article/31391?hhtmFrom=article_list (дата доступа: 06.02.2024).

A E-Government Survey 2022. The Future of Digital Government (2022). United Nations.

Berg, J. et al. (2018). *Digital Labour Platforms and the Future of Work: Towards Decent Work in the Online World*. Geneva, ILO.

Bogliacino, F. et al. (2019). *Quantity and quality of work in the platform economy*. GLO Discussion Paper, no. 420. Global Labor Organization (GLO), Essen. Available at: http://hdl.handle.net/10419/205800 (Accessed: 06 February 2024).

Cedefop (2020). *Developing and matching skills in the online platform economy: findings on new forms of digital work and learning from Cedefop's CrowdLearn study*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Cedefop reference series, No 116.

Cedefop (2021). *Skill development in the platform economy: comparing microwork and online freelancing*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Cedefop research paper, No 81.

Choudary, S. P. (2018). *The architecture of digital labour platforms: Policy recommendations on platform design for worker well-being*. In: ILO Future of Work Working Paper Series. Available at: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---cabinet/documents/publication/wcms_630603.pdf (Accessed: 08 February 2024).

Codagnone, C., Karatzogianni, A. and Matthews, J. (2018). 'Platform Economics: Rhetoric and Reality in the «Sharing Economy»'. *Emerald Publishing Limited,* pp. 169–199.

De Stefano, V. (2016). *The rise of the "just-in-time workforce": On-demand work, crowdwork and labour protection in the "gig-economy"*. Geneva: ILO. Conditions of work and employment series, No. 71.

De Stefano, V. and Aloisi, A. (2018). *European Legal Framework for Digital Labour Platforms*. European Commission. Luxembourg.

EIGE and Eurofound (2023). *Gender differences in motivation to engage in platform work*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Eurofound (2020). *New forms of employment: 2020 update*. New forms of employment series, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Eurofound (2021). *The digital age: Implications of automation, digitisation and platforms for work and employment,* Challenges and prospects in the EU series, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Graham, M., Hjorth, I. and Lehdonvirta, V. (2017). Digital labour and development: impacts of global digital labour platforms and the gig economy on worker livelihoods. *European Review of Labour and Research,* 23 (2), pp. 135–162.

ILO (2021). *World Employment and Social Outlook 2021: The role of digital labour platforms in transforming the world of work International Labour Office*. ILO, Geneva.

ILO (2022). *Decent Work in the Platform Economy. Reference Document for the Meeting of Experts on Decent Work in the Platform Economy*. ILO, Geneva.

Kässi, O., Lehdonvirta, V. and Stephany, F. (2021). 'How many online workers are there in the world? A data-driven assessment'. *Open Research Europe*, Vol. 1. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3810843 (Accessed: 20 February 2024).

Lehdonvirta, V. (2018). Flexibility in the Gig Economy: Managing Time on Three Online Piecework Platforms. *New Technology, Work and Employment, Forthcoming*. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3099419 (Accessed: 20 February 2024).

McKinsey Global Institute (2016). *Independent Work: Choice, Necessity and the Gig Economy*. McKinsey & Company. Available at: https://www.mckinsey.com.br/~/media/mckinsey/featured%20insights/Employment%20and%20Growth/Independent%20work%20Choice%20necessity%20and%20the%20gig%20economy/Independent-Work-Choice-necessity-and-the-gig-economy-Full-report.ashx (Accessed: 13 February 2024).

OECD (2019). *An Introduction to Online Platforms and Their Role in the Digital Transformation*. OECD Publishing, Paris.

OECD (2023). *Informality and Globalisation: In Search of a New Social Contract*. OECD Publishing, Paris.

OECD/ILO/European Union (2023). *Handbook on Measuring Digital Platform Employment and Work*, OECD Publishing, Paris.

Shevchuk, A. and Strebkov, D. (2021). *Freelance platform work in the Russian Federation: 2009–2019*. ILO Working Paper 38. ILO, Geneva.

Urzí Brancati, M.C., Pesole, A. and Fernández-Macías, E. (2020). *New Evidence on Platform Workers in Europe – Results from the second COLLEEM survey*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Available at: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118570 (Accessed: 20 February 2024).

Wallenstein, J. et al. (2019). *The New Freelancers: Tapping Talent in the Gig Economy*. BCG Henderson Institute.

World Intellectual Property Organization (WIPO) (2022). *Global Innovation Index 2022: What is the future of innovation-driven growth?* WIPO, Geneva.

World Intellectual Property Organization (WIPO) (2023). *Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty*. WIPO, Geneva.

REFERENCES

Bobkov, V.N., Chernyh E.A. (2020). Platform employment: scope and signs of unsustainability [Platformennaya zanyatost: masshtaby i priznaki neustojchivosti]. *Mir novoj ekonomiki = World of new economy*. № 14 (2), pp. 6–15 (In Russian).

Vankevich, A.V., Zaitseva, O.V. (2015). Institutional support of employment in the process of e-economy formation [Institucionalnoe soprovozhdenie zanyatosti v processe formirovaniya e-ekonomiki]. *E-gospodarka w Europie Srodkowej i Wschodniej. Terazniejszosc i perspektywy rozwoju*, pp. 63–68 (In Russian).

Gutorova, A.V., Vankevich, A.V. (2021). Virtual mobility of the platform worker: factors accompanying the avoidance of formalisation of labour activity [Virtualnaya mobilnost platformennogo rabotnika: faktory, soputstvuyushie ukloneniyu ot oficialnogo oformleniya trudovoj deyatelnosti]. *Belorusskij torgovo-ekonomicheskij universitet potrebitelskoj kooperacii*, Gomel. Pp. 44–47 (In Russian).

Zatseva, O.V. (2023). *Development of non-standard forms of employment in the Republic of Belarus in the context of digitalisation of the economy : a monograph* [Razvitie nestandartnyh form zanyatosti v Respublike Belarus v usloviyah cifrovizacii ekonomiki : monografiya]. Vitebsk: EI «VSTU», Republic of Belarus (In Russian).

ILO (2018). *Quality of the workplace in the platform economy* [Kachestvo rabochego mesta v platformennoj ekonomike]. ILO, Geneva. Available at: https://www.ilo.org/global/topics/future-of-work/publications/issue-riefs/WCMS_618382/lang--en/index.htm (Accessed: 14 January 2024) (In Russian).

ILO (2021). *World Employment and Social Outlook 2021: The role of digital labour platforms in transforming the world of work* [Perspektivy zanyatosti i socialnoj zashity v mire: Rol platform cifrovogo truda v transformacii sfery truda]. ILO, Geneva (In Russian).

Sinyavskaya, O.V. et al. (2021). *Platform employment: definition and regulation* [Platformennaya zanyatost': opredelenie i regulirovanie]. Moscow: NIU VShE, Russian Federation (In Russian).

Sinyavskaya, O.V. et al. (2022). *Platform employment in Russia: scale, motives and barriers to participation* [Platformennaya zanyatost v Rossii: masshtaby, motivy i barery uchastiya]. Moscow: NIU VShE, Russian Federation (In Russian).

Strebkov, D.O., Shevchuk A.V., Spirina, M.O. (2015). *Development of the Russian-speaking remote work market, 2009–2014 (based on the results of the Census of Freelancers* [Razvitie russkoyazychnogo rynka udalennoj raboty, 2009–2014 gg. (po rezultatam Perepisi frilanserov)]. Nac. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki» ; Lab. ekon.-sociol. issled. M. : Izd. dom Vysshej shkoly ekonomiki, 2015 (In Russian).

Tomashevskij, K.L. (2021). Platform employment: between labour, civil, tax law [Platformennaya zanyatost: mezhdu trudovym, grazhdanskim, nalogovym pravom]. *Yusticiya Belarusi = Justice of Belarus*. № 8, pp. 10–15. (In Russian).

CSR (2022) *Platform employment: challenges and possible solutions* [Platformennaya zanyatost: vyzovy i vozmozhnye resheniya]. Fond «Centr strategicheskih razrabotok» (CSR) Available at: https://www.csr.ru/upload/iblock/6ca/krk89ha0yxx3ystja243obvc7ly8bntv.pdf (Accessed: 20 February 2024) (In Russian).

RABOTA.BY (2023). What was the demand for taxi drivers in 2022 [Kakoj spros byl na voditelej taksi v 2022 godu]. Available at: https://rabota.by/article/31391?hhtmFrom=article_list Accessed: 06 February 2024) (In Russian).

A E-Government Survey 2022. The Future of Digital Government (2022). United Nations.

Berg, J. et al. (2018). *Digital Labour Platforms and the Future of Work: Towards Decent Work in the Online World*. Geneva, ILO.

Bogliacino, F. et al. (2019). *Quantity and quality of work in the platform economy*. GLO Discussion Paper, no. 420. Global Labor Organization (GLO), Essen. Available at: http://hdl.handle.net/10419/205800 (Accessed: 06 February 2024).

Cedefop (2020). *Developing and matching skills in the online platform economy: findings on new forms of digital work and learning from Cedefop's CrowdLearn study*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Cedefop reference series, No 116.

Cedefop (2021). *Skill development in the platform economy: comparing microwork and online freelancing*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Cedefop research paper, No 81.

Choudary, S.P. (2018). *The architecture of digital labour platforms: Policy recommendations on platform design for worker well-being*. In: ILO Future of Work Working Paper Series. Available at: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---cabinet/documents/publication/wcms_630603.pdf (Accessed: 08 February 2024).

Codagnone, C., Karatzogianni, A. and Matthews, J. (2018). 'Platform Economics: Rhetoric and Reality in the «Sharing Economy»'. *Emerald Publishing Limited*. pp. 169–199.

De Stefano, V. (2016). *The rise of the "just-in-time workforce": On-demand work, crowdwork and labour protection in the "gig-economy"*. Geneva: ILO. Conditions of work and employment series, No. 71.

De Stefano, V. and Aloisi, A. (2018). *European Legal Framework for Digital Labour Platforms*. European Commission. Luxembourg.

EIGE and Eurofound (2023). *Gender differences in motivation to engage in platform work*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Eurofound (2020). *New forms of employment: 2020 update*. New forms of employment series, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Eurofound (2021). *The digital age: Implications of automation, digitisation and platforms for work and employment*, Challenges and prospects in the EU series, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Graham, M., Hjorth, I. and Lehdonvirta, V. (2017). Digital labour and development: impacts of global digital labour platforms and the gig economy on worker livelihoods. *European Review of Labour and Research*, 23(2), pp. 135–162.

ILO (2021). *World Employment and Social Outlook 2021: The role of digital labour platforms in transforming the world of work International Labour Office*. ILO, Geneva.

ILO (2022). *Decent Work in the Platform Economy. Reference Document for the Meeting of Experts on Decent Work in the Platform Economy*. ILO, Geneva.

Kässi, O., Lehdonvirta, V. and Stephany, F. (2021). 'How many online workers are there in the world? A data-driven assessment'. *Open Research Europe*, Vol. 1. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3810843 (Accessed: 20 February 2024).

Lehdonvirta, V. (2018). Flexibility in the Gig Economy: Managing Time on Three Online Piecework Platforms. *New Technology, Work and Employment, Forthcoming*. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3099419 (Accessed: 20 February 2024).

McKinsey Global Institute (2016). *Independent Work: Choice, Necessity and the Gig Economy*. McKinsey & Company. Available at: https://www.mckinsey.com.br/~/media/mckinsey/featured%20insights/Employment%20and%20Growth/Independent%20work%20Choice%20necessity%20and%20the%20gig%20economy/Independent-Work-Choice-necessity-and-the-gig-economy-Full-report.ashx (Accessed: 13 February 2024).

OECD (2019). *An Introduction to Online Platforms and Their Role in the Digital Transformation*. OECD Publishing, Paris.

OECD (2023). *Informality and Globalisation: In Search of a New Social Contract*. OECD Publishing, Paris.

OECD/ILO/European Union (2023). *Handbook on Measuring Digital Platform Employment and Work*, OECD Publishing, Paris.

Shevchuk, A. and Strebkov, D. (2021). *Freelance platform work in the Russian Federation: 2009–2019*. ILO Working Paper 38. ILO, Geneva.

Urzí Brancati, M.C., Pesole, A. and Fernández-Macías, E. (2020). *New Evidence on Platform Workers in Europe – Results from the second COLLEEM survey*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Available at: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118570 (Accessed: 20 February 2024).

Wallenstein, J. et al. (2019). *The New Freelancers: Tapping Talent in the Gig Economy*. BCG Henderson Institute.

World Intellectual Property Organization (WIPO) (2022). *Global Innovation Index 2022: What is the future of innovation-driven growth?* WIPO, Geneva.

World Intellectual Property Organization (WIPO) (2023). *Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty*. WIPO, Geneva.

Информация об авторах | Information about the authors

Зайцева Ольга Вячеславовна
Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь. E-mail: olgazaiitseva@gmail.com

Olga V. Zaitseva
Candidate of Sciences (in Economics), Associate Professor of the Department "Economics and E-business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: olgazaiitseva@gmail.com

УДК 331.101.262:004 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-122-140

Анализ тенденций цифровой трансформации управления человеческими ресурсами организаций Витебского региона

И.Н. Калиновская *Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь*

Аннотация. В статье представлены результаты исследования процессов цифровизации системы управления человеческими ресурсами на уровне организаций Витебского региона. Актуальность исследований доказывается интенсивным развитием цифровых технологий, которые оказывают существенное влияние на сферу управления человеческими ресурсами.

Целью исследований являлось изучение использования цифровых инструментов и уровня автоматизации функций кадровых служб в организациях Витебского региона для определения востребованных компетенций специалистов по управлению человеческими ресурсами. В качестве методологической основы исследования использовался общенаучный подход, методы синтеза и сравнительного анализ. В информационную базу исследования вошли материалы, полученные в результате анкетного опроса руководителей кадровых служб и директоров организаций Витебской области.

Определено, что лидером цифровой трансформации является крупный частный бизнес региона. Приоритетные направления автоматизации – кадровый учет и администрирование, организация обучения персонала, оценка и аттестация сотрудников. Востребованные компетенции специалистов в сфере управления человеческими ресурсами – аналитика, онлайн-обучение, использование VR/AR. Полученные данные отражают региональную специфику цифровизации управления человеческими ресурсами и могут быть использованы для разработки мер по развитию человеческого капитала на уровне Витебского региона.

Научная новизна исследований заключается в получении новых эмпирических данных о региональных особенностях процесса цифровой трансформации в системе управления человеческими ресурсами организаций, что имеет важное значение для выработки мер развития человеческого капитала Витебского региона.

Практические результаты исследований позволяют определить приоритеты во внедрении цифровых технологий в сфере HR для разных типов организаций, выявленные расхождения между имеющейся и желательной автоматизацией служит основой для формирования планов и стратегий цифровой трансформации региональными предприятиями, данные о необходимом обновлении компетенций HR-специалистов полезны для корректировки программ обучения и переподготовки кадров учебными заведениями, результаты могут быть использованы IT-компаниями для выработки стратегий продвижения технологий автоматизации HR в организациях Витебской области.

Ключевые слова: цифровая трансформация, управление человеческими ресурсами, автоматизация процессов управления человеческими ресурсами, кадровая служба организаций, функции управления человеческими ресурсами, компетенции специалистов кадровых служб организаций.

Информация о статье: поступила 27 февраля 2023 года.

Analysis of trends in the digital transformation of human resource management of organizations in the Vitebsk region

Iryna N. Kalinouskaya *Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus*

Abstract. The article presents the results of a study examining the digitalization processes of the human resource management system at the organizational level in the Vitebsk region. The relevance of research is proved by the rapid development of digital technologies, which have a significant impact on the field of human resource management.

The objective of the research was to investigate the use of digital tools and the degree of automation of human resources functions in organizations within the Vitebsk region. This was done to ascertain the necessary competencies of human

resource management specialists. The methodological basis of the study is based on a general scientific approach, employing methods of synthesis and comparative analysis. The information base of the study comprises materials obtained from a questionnaire survey conducted among heads of personnel services and directors of organizations in the Vitebsk region.
The study determined that large private businesses in the region are leading digital transformation. The priority areas of automation include personnel accounting and administration, organization of staff training, evaluation and certification of employees. The demanded competencies of specialists in the field of human resource management include analytics, online training, and the use of VR/AR technologies. The data obtained reflect the regional specifics of digitalization of human resource management and can be used to develop measures for the development of human capital at the regional level.
The scientific novelty of the research lies in the acquisition of new empirical data on the regional features of the digital transformation process within the human resource management system of organizations. This is crucial for development of measures aimed at enhancing human capital in the Vitebsk region.
The practical results of the research make it possible to determine priorities in the introduction of digital technologies in the HR field for different types of organizations. The identified discrepancies between the available and desirable automation serve as the basis for the formation of plans and strategies for digital transformation by regional enterprises. Data on the necessary updating of HR specialists' competencies are useful for adjusting training and retraining programs by educational institutions, The results can be leveraged by IT companies to develop strategies for promoting HR automation technologies in organizations within the Vitebsk region.
Keywords: digital transformation, human resource management, automation of human resource management processes, human resources management of organizations, human resource management functions, competencies of specialists of human resources services of organizations.
Article info: received February 27, 2023.

Введение

Внедрение новых технологий (искусственный интеллект, машинное обучение, виртуальная и дополненная реальность, большие данные, искусственный интеллект и др.) кардинально меняет подходы к подбору, оценке, обучению и развитию, мотивации человеческих ресурсов организации, формирует запрос на новые компетенции специалистов кадровых служб.

Актуальность темы исследования определяется интенсивным развитием цифровых технологий, которые оказывают существенное влияние на сферу управления человеческими ресурсами. Цифровая трансформация HR-процессов является важным аспектом повышения эффективности деятельности и конкурентоспособности современных организаций. Особый интерес представляет региональный аспект цифровизации HR, поскольку в различных регионах наблюдается различный уровень использования цифровых технологий в управлении человеческими ресурсами. Это обусловлено различиями в уровне социально-экономического развития, отраслевой структуре региональной экономики, инвестиционной привлекательности для IT-компаний и другими факторами.

Анализ региональных тенденций позволяет определить приоритетные направления цифровизации управления человеческими ресурсами на уровне конкретных субъектов страны с учетом их специфики. Это имеет важное практическое значение для разработки региональных программ развития человеческого капитала.

Цель данного исследования: оценить текущий уровень цифровизации системы управления человеческими ресурсами организаций Витебского региона исходя из их размеров и форм собственности, проанализировать использование цифровых инструментов и направлений автоматизации функций кадровых служб, выявить изменения в компетенциях специалистов по управлению человеческими ресурсами и на этой основе разработать рекомендации по дальнейшему развитию цифрового HR.

Выдвигаемая гипотеза исследований – под влиянием цифровизации часть традиционных компетенций специалистов по управлению человеческими ресурсами утрачивает актуальность, в то время как возникает потребность в новых цифровых компетенциях, которыми сотрудники HR-служб пока не владеют в полной мере. Проверка этой гипотезы позволит в рамках исследования определить вектор необходимых изменений в под-

готовке кадров в области цифрового HR.

Задачи исследования:

– установление уровня владения цифровыми инструментами специалистами кадровых служб организаций и выявление уровня развития цифровизации управления человеческими ресурсами витебских организаций;

– определение востребованности автоматизации функций управления человеческими ресурсами организаций Витебской области;

– выявление зарождающихся и утрачивающих актуальность компетенций специалистов по управлению человеческими ресурсами организаций.

Одним из ключевых трендов в сфере социально-трудовых отношений является цифровизация системы управления человеческими ресурсами. Речь идет о комплексной модернизации HR-процессов на основе новых технологий. Это подразумевает автоматизацию рутинных операций в работе с кадрами, переход на цифровые носители данных о сотрудниках, внедрение IT-решений для оптимизации коммуникации и условий труда. В сочетании со знаниями и навыками специалистов кадровых служб это позволяет повысить скорость и качество управленческих решений в кадровой сфере.

При этом главными преимуществами цифровой трансформации HR будут: улучшение вовлечённости и производительности персонала, а также создание гибкой среды для быстрой адаптации бизнеса к вызовам внешней среды, что положительно скажется на общей результативности организации.

Изучению основных направлений, тенденций и инструментов цифровизации управления человеческими ресурсами посвящены работы многих исследовательских и медийных организаций. Так «Gartner Magic Quadrant»[1], «Hays»[2], «Recruitingheadlines»[3] ежегодно выявляют лидеров лучших HR-продуктов и тенденции автоматизации процессов в управлении человеческим капиталом, «KPMG International» и «LinkedIn Talent Solutions»[4] – направления развития цифровизации HR («KPMG» (2019)), «Harvard Business Review» и «All Things Talent»[5] (Sharma, 2022) – применение искусственного интеллекта в управлении человеческими ресурсами, «Society for Human Resource Management»[6] – использование социальных сетей в процессе найма персонала, «ManpowerGroup»[7] и «Dice» – тенденции цифровизации в рекрутинге (Milojicic et al., 2014). Работы «Bersin by Deloitte», «McKinsey & Company», «LinkedIn Learning»[8], «Deloitte» посвящены цифровым системам обучения персонала («Deloitte» (2023); «McKinsey» (2022)). Среди исследований в области удаленной занятости можно выделить труды Д. У. Макклоски и М. Игбариа (McCloskey & Igbaria, 1998), Т. Д. Голдена и Дж. Ф. Вейга (Golden & Veiga, 2005), «McKinsey & Company» («McKinsey & Company» (2021)), «Microsoft» («Microsoft» (2021)).

Проведенный анализ тенденций, направлений, инструментов цифровизации управления человеческими ресурсами позволил выявить основные изменения, происходящие в управлении человеческими ресурсами, под влиянием трансформации:

1. Автоматизация управления человеческими ресурсами, которая включает применение информационных технологий и программных решений для функций и процессов, связанных с управлением человеческими ресурсами в организации и его оптимизацией, и призванных ускорять принятие и делать более обоснованными управленческие решения, повышать эффективность работы кадровой службы (Пронина, Федулов и Тихонов, 2023; Семина, 2020; Al Noumani & Syed, 2020; Беляцкий и Подупейко, 2019; Титаренко и Карапетян, 2021; Westerman, Bonnet & McAfee, 2014).

К функциям управления человеческими ресурсами, наиболее подверженным автоматизации относятся:

– цифровой рекрутинг кандидатов, который сокращает время найма, улучшает точность, эффективность и качество подбора кандидатов, увеличивает их вовлеченность (применение интерактивных инструментов найма через видео-связь, тесты и игры, отслеживание

[1] https://www.oracle.com/human-capital-management/gartner-magic-quadrant/

[2] https://hr-elearning.ru/it-tekhnologii-v-sfere-hr-issledovanie-hays/

[3] https://www.techdogs.com/td-articles/product-mine/top-5-hr-management-software-of-2023

[4] https://business.linkedin.com/talent-solutions/resources/talent-intelligence/2021-global-talent-trends-report

[5] https://www.zinghr.com/talent-acquisition/5-reasons-why-talent-acquisition-and-management-should-be-ai-driven/

[6] https://www.shrm.org/hr-today/trends-and-forecasting/research-and-surveys/pages/social-media-recruiting-screening-2018.aspx

[7] https://go.manpowergroup.com/talent-shortage

[8] https://learning.linkedin.cn/resources/workplace-learning-report

прогресса на всех этапах отбора), снижает финансовые затраты и улучшает кандидатский опыт (Калиновская, 2021a, 2021b; Рощин и Маркова, 2004; Тихонова, 2015);

– цифровые системы обучения и развития человеческих ресурсов, которые позволяют: повышать эффективность обучения, снижать затраты на его организацию, оценивать знания сотрудников, увеличивать их вовлеченность в процесс обучения, повышать адаптивность, масштабироваться под обучение большого количества сотрудников одновременно, предоставлять детальную аналитику и отчетность о процессах обучения и развития сотрудников (Kalinouskaya, 2022; Колодезникова, 2023).

2. Развитие новых форм занятости (удаленной, гибридной – комбинация удаленной и офисной работы, применимой к отдельным сотрудникам организации и командам) и моделей управления человеческими ресурсами (адаптивных моделей управления проектами), которые позволяют гибко использовать рабочее время, придают мобильность рабочей силе, снижают финансовые расходы, позволяют быстро адаптироваться к изменениям внешней среды, ориентированы на результат, направлены на коллективную работу (Остапенко, Морозова и Казанцева, 2022).

3. Применение цифрового анализа данных и технологий искусственного интеллекта в управлении человеческими ресурсами организации, которое позволяет автоматизировать рутинные HR-процессы, экономить время HR-специалистов, снизить издержки кадровой службы, персонализировать ее деятельность, прогнозировать потребности в кадрах, улучшить качество кадрового планирования, повысить объективность в оценке эффективности работы, производительности и мотивации человеческих ресурсов (Vankevich & Kalinouskaya, 2020, 2021; Шевченко, 2022; Гиоргашвили и Бакаев, 2018).

4. Формирование цифровой культуры инноваций и изменений, способствующей ускорению внедрения инноваций, оперативному созданию и запуску новых продуктов, сервисов, бизнес-моделей, уменьшению сопротивления сотрудников организационным и технологическим изменениям, росту инновационной активности, креативности и внутреннего предпринимательства сотрудников, максимальной реализации потенциала новейших технологий, повышению конкурентоспособности организации и укреплению ее рыночных позиций (Набок, 2022; Паньшин, 2021).

5. Появление новых профессиональных навыков и компетенций сотрудников, позволяющих повышать производительность труда за счет овладения новыми методами и технологиями выполнения задач, расширения их профессиональных возможностей, ускорять внедрение инноваций, снижать издержки на адаптацию и обучение новых работников, повышать гибкость кадрового состава, улучшать имидж организации как прогрессивного и технологичного работодателя, мотивировать (Ванкевич и др., 2020; Калиновская, 2022; Kuruba, 2018).

Анализ изменений в управлении человеческими ресурсами в результате цифровизации бизнес-процессов, проведенный на основании данных исследований отчетов международных компаний за 2014–2023 гг. и научных трудов, позволяет сделать следующие основные выводы:

– происходит активная автоматизация рутинных процессов в сфере управления человеческими ресурсами с применением облачных технологий и специализированного программного обеспечения, что позволяет повысить скорость и качество подбора, адаптации, обучения, оценки и мотивации сотрудников организации;

– возрастает роль анализа больших данных и искусственного интеллекта при принятии кадровых решений. HR-аналитика дает возможность прогнозировать поведение и результативность сотрудников, оптимизировать рабочие процессы;

– цифровизация изменяет сам процесс управления человеческими ресурсами, переходя к более гибким формам организации труда – удаленной и гибридной работе, адаптивным моделям управления человеческими ресурсами. Это требует выработки новых подходов в управлении, а также развития цифровых компетенций менеджеров;

– возрастает роль цифровой культуры, которая обеспечивает организацию стратегическими преимуществами за счет ускорения реализации инновационных идей и лучшей адаптации к изменениям бизнес-среды;

– происходят значительные изменения в требуемых от сотрудников профессиональных навыках и личностных компетенциях. Возрастает потребность в специалистах, обладающих цифровыми и аналитическими навыками, способных к обучению, гибкости, работе в условиях неопределенности.

Таким образом, цифровизация приводит к масштабной трансформации процессов управления человече-

ским капиталом, вызывающей перемены:

– технического характера (автоматизация процессов управления человеческими ресурсами, цифровые технологии анализа данных о сотрудниках);

– управленческие изменения (удаленная и гибридная работа, адаптивные модели управления человеческими ресурсами);

– преобразования самих человеческих ресурсов (получение новых навыков и компетенций сотрудниками, формирование цифровой культуры инноваций и изменений).

Важность влияния технических, управленческих изменений и преобразований качеств и характеристик человеческих ресурсов при цифровизации подтверждается в моделях цифровой трансформации HR:

– «Цифровой HR», разработанной международной аудит-консалтинговой корпорацией «Deloitte», акцентирующей внимание на аналитику и последовательную цифровую трансформацию («Deloitte» (2023));

– «Технология-организация-окружающая среда», основанной на внедрении информационных систем управления персоналом (Давий, 2022);

– зрелости цифрового HR, выработанной Ассоциацией по управлению человеческими ресурсами Новой Зеландии и учитывающей такие факторы как: технологии, данные, кадры, организационную культуру (Gill & VanBoskirk, 2016).

Методы и средства исследований

В качестве методологической базы исследования использовался общенаучный подход, включающий применение общелогических методов анализа и синтеза. Метод синтеза позволил объединить разрозненные данные в единую систему знаний о состоянии кадрового потенциала организаций Витебской области. Сравнительный анализ применялся для определения сходств и различий в автоматизированных функциях управления человеческими ресурсами витебских организаций и необходимыми направлениями их цифровизации, а также с целью сравнения направлений автоматизации в разных организациях региона.

Эмпирическую базу исследования составили результаты анкетного опроса, проведенного среди руководителей кадровых служб и директоров организаций Витебской области разных форм собственности и размеров в зависимости от численности сотрудников. Анкетирование позволило получить актуальные данные об цифровых инструментах, используемых при выполнении трудовых функций сотрудниками кадровых служб организаций региона, имеющемся уровне автоматизации и направлениях дальнейшей цифровизации управления человеческими ресурсами.

Обработка результатов опроса проведена с применением методов математической статистики, включая группировку, сравнение, анализ взаимосвязей. Это позволило выявить основные тенденции и закономерности цифровизации в области управления человеческими ресурсами организаций Витебской области.

Исходя из поставленной цели и задач исследования тенденций цифровой трансформации управления человеческими ресурсами организаций Витебского региона определялся объем выборочной совокупности субъектов хозяйствования[9], при значении t-критерия Стьюдента 1,44 (минимально возможная доверительная вероятность – 80 %), доле положительного значения признака – 0,85, объеме генеральной совокупности – 13053 ед.[10], величине предельной ошибки выборки 12 %.

В силу новизны темы исследования (относительно недавнее начало активной цифровой трансформации управления человеческими ресурсами) имеется высокая неопределенность в вопросах, требующих первоочередного внимания. Поэтому на данном этапе важно получить предварительную качественную оценку с помощью небольшой, но репрезентативной выборки, которая формировалась целенаправленно и включала ключевые и наиболее характерные для региона организации, что позволило получить адекватное представление о ситуации в целом. Расчёт необходимого объёма выборки проводился с использованием методов математической статистики с заданным уровнем доверительной вероятности и предельной ошибки. Полученный в результате объём 28 организаций является репрезентативным для целей данного исследования. Ограничения по временным и другим ресурсам не позволяют расширить выборку и провести масштабный опрос. Однако имеющийся объем выборки достаточен для изучения общих тенденций и выявления основных закономерностей.

[9] https://galyautdinov.ru/post/formula-vyborki-prostaya

[10] https://vitebsk.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/public_compilation/index_78559/

Результаты данного исследования будут использованы для постановки гипотез и формирования программы последующего комплексного и масштабного изучения процессов цифровой трансформации управления человеческими ресурсами в регионе.

Таким образом, структура полученной выборки исследования применения цифровых инструментов и автоматизации функций кадровых служб на предприятиях Витебского региона имеет следующий вид:

а) по форме собственности:

– 68 % государственные организации,

– 32 % частные организации;

б) по размеру организации с учетом численности трудовых ресурсов (микро-организации в опросе не принимали участия в связи с отсутствием в их составе кадровых служб):

– 46 % крупные организации,

– 32 % средние организации,

– 22 % малые организации;

в) по виду экономической деятельности:

– 14,3 % обрабатывающая промышленность,

– 3,6 % услуги по временному проживанию и питанию,

– 7,1 % информация и связь,

– 17,9 % финансовая и страховая деятельность,

– 7,1 % профессиональная, научная и техническая деятельность,

– 14,3 % государственное управление,

– 17,9 % образование,

– 10,7 % здравоохранение и социальные услуги,

– 7,1 % оптовая и розничная торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов.

Выявление тенденций цифровой трансформации управления человеческими ресурсами организаций осуществлялось на основании анкетного опроса руководителей кадровых служб и директоров организаций Витебской области. Анкета формировалась из вопросов выявляющих степень использования цифровых инструментов и уровень автоматизации функций кадровых служб в организациях Витебского региона.

Результаты исследований

Результаты исследования вопроса использования цифровых инструментов в деятельности специалистов кадровых служб представлены на рисунке 1.

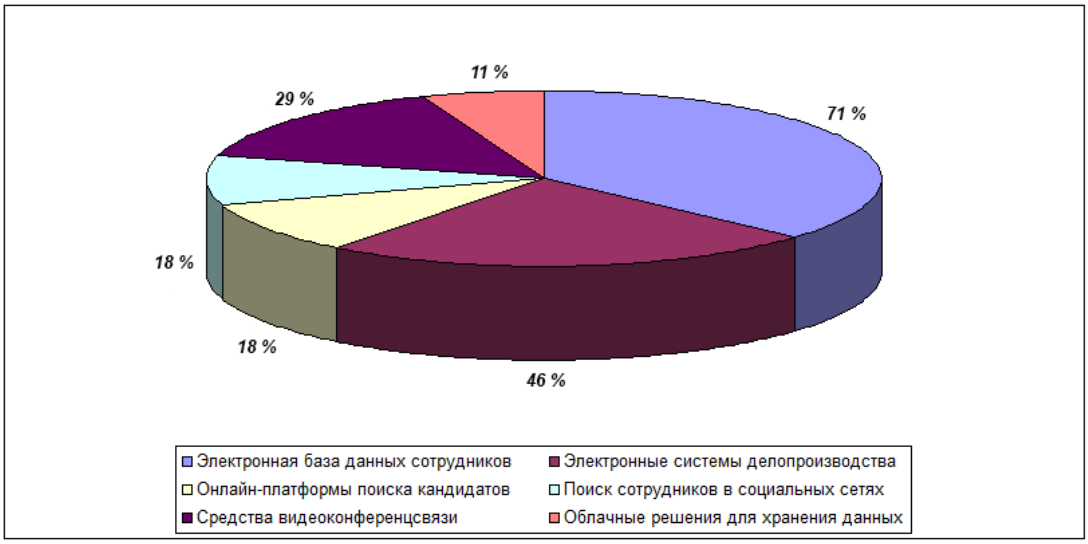


Рисунок 1 – Использование цифровых инструментов в деятельности специалистов кадровых служб организаций Витебской области

Figure 1 – The use of digital tools in the activities of HR specialists of organizations in the Vitebsk region

Источник: составлено автором по результатам опроса.

Анализ использования цифровых инструментов кадровыми службами показал:

– высокий уровень охвата электронными базами данных сотрудников (71 % опрошенных), который объясняется необходимостью хранения больших объемов информации о персонале и требованиями трудового законодательства по документальному оформлению трудовых отношений;

– относительно невысокий охват электронным документооборотом (46 % организаций), обоснованный высокой сложностью внедрения по сравнению с базами данных, недостатком квалификации персонала для реализации данных систем, неразвитостью нормативной базы для юридически значимого электронного документооборота;

– низкое распространение облачных сервисов в управлении человеческими ресурсами (11 % опрошенных), вызванное опасением касательно безопасности данных, недостаточным знанием преимуществ облачных технологий, предпочтение традиционных моделей внедрения программного обеспечения.

Данные по использованию цифровых инструментов в деятельности специалистов кадровых служб в разрезе форм собственности и размера организаций, приведены в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1 позволил сделать следующие выводы:

– наиболее высокий уровень использования цифровых инструментов отмечается в крупных организациях и предприятиях частной формы собственности, малый бизнес активно применяет онлайн-рекрутинг, средние организации – переходят к электронному документообороту;

– более высокий уровень цифровизации частных компаний объясняется: большей гибкостью и мотивацией к повышению эффективности, стремлением получить конкурентные преимущества за счет внедрения новых технологий, большими финансовыми возможностями;

– опережение крупных организаций в цифровизации управления человеческими ресурсами связано с: наличием штата технических специалистов для внедрения и поддержки цифровых инструментов, большими

Таблица 1 – Использование цифровых инструментов в деятельности специалистов кадровых служб организаций Витебского региона в разрезе форм собственности и размера организаций, %

Table 1 – The use of digital tools in the activities of HR specialists of organizations in the Vitebsk region in terms of ownership forms and size of organizations, %

Цифровой инструмент	Форма собственности организации		Размер организации по численности персонала			Всего
	государственная	частная	крупный	средний	малый	
Электронная база данных сотрудников	58	100	69	56	63	71
Электронные системы делопроизводства	47	56	46	56	13	46
Онлайн-платформы поиска кандидатов	21	22	8	0	38	18
Поиск сотрудников в социальных сетях	16	22	8	0	38	18
Средства видеоконференцсвязи	26	44	23	22	25	29
Облачные решения для хранения данных	11	11	8	0	13	11

Источник: составлено автором по результатам опроса.

объемами данных о персонале, требующими автоматизации обработки, достаточными бюджетами на цифровую трансформацию;

– активное применение онлайн-рекрутинга малым бизнесом вызвано: ограниченными бюджетами на поиск персонала, небольшим объемом найма, гибкостью и скоростью внедрения новых технологий.

Таким образом, ключевыми факторами, влияющими на уровень использования цифровых технологий специалистами кадровых служб организаций являются – гибкость бизнеса, мотивация к повышению эффективности, объемы данных и бюджеты на внедрение ИТ-решений.

В качестве рекомендации по развитию цифровых технологий в сфере управления человеческими ресурсами правомерно отметить: стимулирование распространения электронного документооборота, повышение осведомленности об облачных решениях, развитие инструментов онлайн-рекрутинга для средних и крупных организаций.

Результаты исследования вопроса автоматизированных на сегодняшний день функций управления человеческими ресурсами в организации представлены на рисунке 2.

Анализ автоматизированных функций специалистов кадровых служб показал, что:

– наиболее автоматизированной функцией управления человеческими ресурсами является кадровый учет и администрирование, отмеченной у 64 % опрошенных организаций. Ее высокая степень цифровизации обусловлена тем, что эта функция заключается преимущественно в обработке больших массивов данных о сотрудниках, необходима для соблюдения регуляторных и налоговых требований, включает стандартные и формализуемые операции;

– наименее автоматизированы такие функции как адаптация (4 %), HR-аналитика (4 %) и оценка персонала (7 %). Это связано с тем, что это инновационные «молодые» HR-функции, в них преобладают нестандартные задачи, не хватает готовых ИТ-решений для их автоматизации в полной мере.

Таким образом, степень автоматизации функций по управлению человеческими ресурсами на текущем этапе определяется их зрелостью, стандартизуемостью и наличием готовых ИТ-решений.

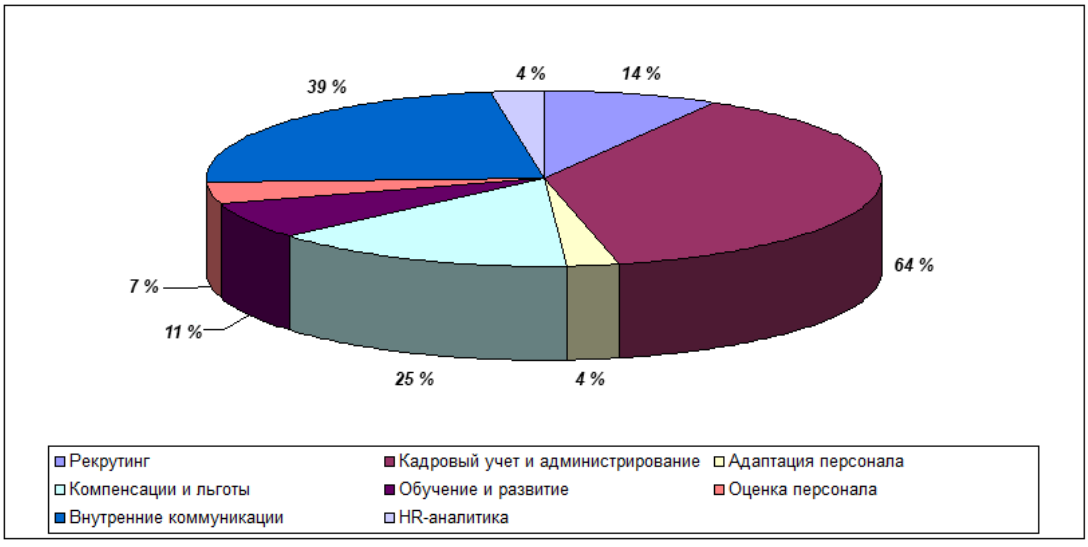


Рисунок 2 – Автоматизированные функции управления человеческими ресурсами организаций Витебской области

Figure 2 – Automated human resource management functions of Vitebsk region organizations

Источник: составлено автором по результатам опроса.

Данные по автоматизации функций специалистов кадровых служб в разрезе форм собственности и размера организаций Витебского региона, приведены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 позволяет сделать следующие выводы:

– как отмечалось выше, наиболее автоматизированной HR-функцией является кадровый учет и администрирование, эта функция полностью автоматизирована в частных компаниях (100 %) и активно внедряется в крупных (77 %) и средних (67 %) организациях;

– частные компании демонстрируют более высокий уровень автоматизации большинства HR-функций по сравнению с государственными организациями;

– по степени цифровизации лидируют крупные предприятия, аутсайдерами выступают малые организации;

– ключевой причиной отставания государственного сектора и малого бизнеса в процессах цифровизации сферы управления человеческими ресурсами является недостаток мотивации, ресурсов и гибкости по сравнению с крупным частным бизнесом.

Таким образом, уровень автоматизации управления человеческими ресурсами организаций Витебской области зависит от размера и формы собственности организаций. Лидерами процесса цифровизации на текущий момент являются крупные частные организации.

На основании полученных результатов опроса можно дать следующие рекомендации для увеличения уровня автоматизации управления человеческими ресурсами в организациях Витебского региона:

а) для организаций государственной формы собственности:

– разработать целевые программы финансирования внедрения цифровых технологий в HR с участием IT-компаний,

– создать требования к HR-автоматизации в государственном секторе, проводить регулярное обучение руководителей,

– внедрять пилотные проекты по автоматизации наиболее зрелых функций: учета персонала, компенсаций и обучения;

б) для малого бизнеса:

– развивать отечественные облачные HR-системы, не требующие больших стартовых вложений,

– проводить обучающие семинары, демо-доступы к системам для малого бизнеса,

Таблица 2 – Автоматизация функций управления человеческими ресурсами организаций Витебской области в разрезе форм собственности и их размера, %

Table 2 – Automation of human resource management functions of organizations of the Vitebsk region in terms of ownership forms and their size, %

Функция	Форма собственности организации		Размер организации по численности персонала			Всего
	государственная	частная	крупный	средний	малый	
Рекрутинг персонала	11	22	31	0	0	14
Кадровый учет и администрирование	47	100	77	67	38	64
Адаптация персонала	5	0	8	0	0	4
Компенсации и льготы	26	22	31	22	0	25
Обучение и развитие персонала	16	0	15	11	0	11
Оценка персонала	5	11	8	0	13	7
Внутренние коммуникации	21	78	38	33	38	39
HR-аналитика	5	0	8	0	0	4

Источник: составлено автором по результатам опроса.

– субсидировать часть затрат малого бизнеса на внедрение базовых облачных HR-систем.

Данные анкетного опроса специалистов кадровых служб организаций Витебской области по вопросу определения их функций, которые необходимо автоматизировать в организации, приведены на рисунке 3.

Анализ функций специалистов кадровых служб, которые необходимо автоматизировать, показал, что:

– наибольший интерес к автоматизации наблюдается по таким функциям как кадровый учет и администрирование (43 %), обучение и развитие персонала (32 %), оценка персонала (29 %);

– наименьшая потребность в автоматизации отмечается для функций рекрутинга (7 %), адаптации персонала (7 %), компенсаций и льгот (11 %);

– высокий интерес к автоматизации кадрового учета (43 %) связан с тем, что: это трудоемкая рутинная функция, занимающая много времени при ручном выполнении, функция требует обработки больших массивов данных о сотрудниках, существуют типовые ИТ-решения для ее автоматизации;

– запрос на автоматизацию обучения (32 %) и оценки (29 %) вызван: ростом потребности компаний в эффективном обучении в условиях нехватки кадров и ускорения изменений, появлением новых технологий для онлайн-обучения и оценки (искусственный интеллект, виртуальная реальность и т. д.);

– низкий спрос на автоматизацию рекрутинга (7 %) связан с недостаточным пониманием возможностей технологий в этой сфере на сегодняшний день.

Необходимо отметить, что достаточно высокий процент (25 % опрошенных организаций) затруднились с ответом о необходимости автоматизации функций управления человеческими ресурсами, а 14 % ответили, что «управление персоналом не нуждается в автоматизации», что может свидетельствовать о недостаточной информированности по данному вопросу.

Таким образом, приоритетными направлениями автоматизации функций управления человеческими ресурсами организаций Витебского региона являются учет и администрирование персонала, организация его обучения и оценки. То есть, приоритет отдается автома-

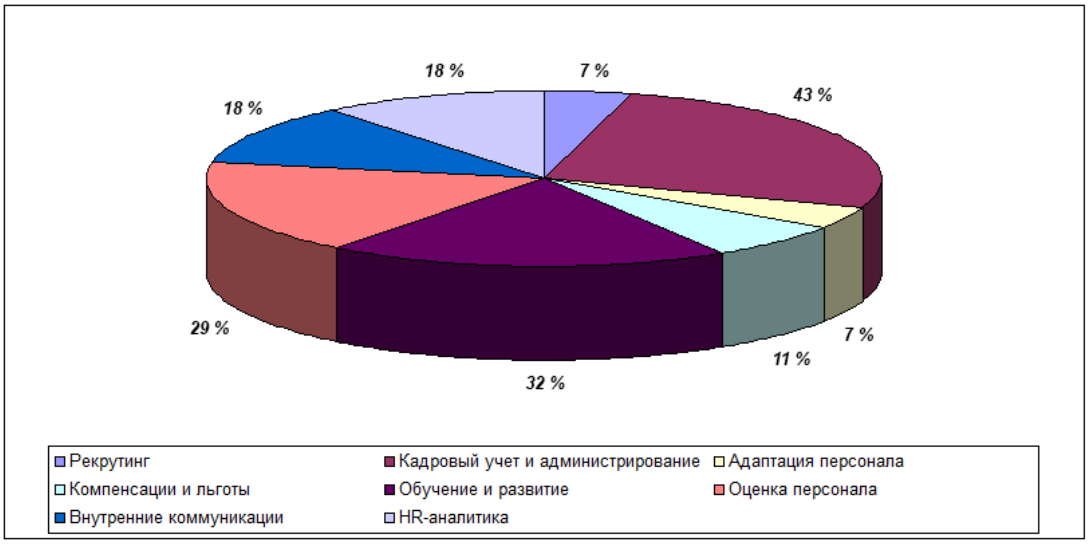


Рисунок 3 – Функции управления человеческими ресурсами, подлежащие автоматизации в организациях Витебской области

Figure 3 – Human resource management functions to be automated in organizations of the Vitebsk region

Источник: составлено автором по результатам опроса.

тизации наиболее «зрелых» функций управления человеческими ресурсами.

Данные по необходимости автоматизации функций специалистов кадровых служб в разрезе форм собственности и размера организаций Витебского региона, приведены в таблице 3.

Анализ данных таблицы 3 позволяет сделать следующие выводы:

– наиболее заинтересованы в автоматизации крупные организации, особенно в части кадрового учета и администрирования (62 %), а также HR-аналитики (31 %);

– государственные организации больше других заинтересованы в автоматизации кадрового учета (37 %) и обучения и развития персонала (26 %), а частные – в оценке персонала и кадровом учете (по 44 %). То есть, государственные организации в большей степени фокусируются на развитии своего персонала, т. к. это важно для выполнения их задач, а частные компании – заботятся об оценке для стимулирования своих сотрудников;

– малый бизнес демонстрирует невысокий интерес к автоматизации HR-процессов: 38 % малых организаций считают, что управление персоналом не нуждается в автоматизации. У него ограничены ресурсы и штат сотрудников, таким организациям проще работать без автоматизации части процессов управления человеческими ресурсами;

– высокий процент респондентов частного сектора (33 %) и среднего бизнеса (56 %), которые не могут определиться с необходимостью автоматизации функций специалистов кадровой службы. Данный факт говорит о необходимости изучения специалистами по управлению человеческими ресурсами возможностей HR-автоматизации.

Анализ полученных результатов

В ходе исследований, заключающихся в изучении использования цифровых инструментов и уровня автоматизации функций кадровых служб в организациях Витебского региона получены следующие результаты:

– установлен невысокий уровень использования цифровых технологий специалистами по управлению

Таблица 3 – Функции управления человеческими ресурсами, подлежащие автоматизации в организациях Витебской области, в разрезе форм собственности и их размера, %

Table 3 – Human resource management functions to be automated in organizations of the Vitebsk region, in terms of ownership forms and their size, %

Функция	Форма собственности организации		Размер организации по численности персонала			Всего
	государственная	частная	крупный	средний	малый	
Рекрутинг персонала	5	11	15	0	0	7
Кадровый учет и администрирование	37	44	62	33	13	43
Адаптация персонала	11	0	15	0	0	7
Компенсации и льготы	16	0	15	11	0	11
Обучение и развитие персонала	26	33	31	11	38	32
Оценка персонала	21	44	31	0	50	29
Внутренние коммуникации	16	22	31	11	0	18
HR-аналитика	16	22	31	11	0	18
Управление персоналом не нуждается в автоматизации	16	11	8	0	38	14
Затрудняюсь с ответом	21	33	15	56	0	25

Источник: составлено автором по результатам опроса.

человеческими ресурсами. При этом приоритет отдан электронным базам данных сотрудников организации;

– лидерами процесса цифровизации управления человеческими ресурсами организации являются частные и крупные компании региона, поскольку у крупного и частного бизнеса больше финансовых и технологических ресурсов для внедрения дорогостоящих IT-систем и решений в сфере управления человеческими ресурсами. В этих типах бизнеса HR-процессы носят более масштабный и комплексный характер, соответственно, потенциал для оптимизации затрат и повышения эффективности за счёт автоматизации выше. Как правило, частные и большие компании более восприимчивы к инновациям, ориентированы на результат и готовы экспериментировать с новыми технологиями. В ряде отраслей частного сектора (ИТ, финансы, производство) существует высокая конкуренция за таланты, что стимулирует внедрение передовых HR-технологий. Компании частного сектора в меньшей степени связаны бюрократическими барьерами, это позволяет им быстрее принимать решения о внедрении инноваций. Таким образом, драйверами лидерства здесь выступают как масштаб и ресурсная база организаций, так и организационно-культурные факторы;

– в качестве приоритетных направлений автоматизации функций специалистов кадровых служб выявлены – кадровый учет, обучение и оценка персонала. Кадровый учёт является одним из самых трудоёмких процессов в работе с персоналом, с большим объёмом рутинных операций, соответственно, потенциал для оптимизации затрат в этом направлении максимален. Автоматизация обучения и оценки персонала позволяет в кратчайшие сроки получать актуальную информацию о компетенциях сотрудников и потребностях в их обучении, что критически важно для принятия управленческих решений. Данные функции также тесно связаны с задачами повышения эффективности человеческого капитала и конкурентоспособности организации на рынке труда, их автоматизация даёт наиболее ощутимые бизнес-результаты. Внедрение HR-аналитики на базе информации по этим направлениям обеспечивает фактическое обоснование стратегических решений в области управления человеческими ресурсами. Таким образом, актуальность автоматизации данных функций определяется как их трудоёмкостью, так и влиянием на конкурентоспособность организации в современных условиях.

На основании собранных данных в результате анкетного опроса, можно сделать вывод о том, что:

– размер организации оказывает существенное влияние на уровень использования цифровых HR-инструментов: крупные предприятия демонстрируют более высокий уровень цифровизации HR-процессов по сравнению со средним и малым бизнесом. Так, электронная база данных сотрудников используется на 69 % крупных предприятий, электронный документооборот HR – на 46 %, что выше аналогичных показателей для малого и среднего бизнеса. Внедрение онлайн-платформ подбора персонала и социальных сетей для рекрутинга характерно в основном для малых предприятий (38 %). Автоматизация таких функций как кадровый учет, аналитика, компенсации и льготы, обучение персонала чаще всего реализована на крупных предприятиях. Таким образом, с ростом размера предприятия отмечается более активное использование цифровых HR-инструментов и внедрение автоматизированных решений для различных задач управления персоналом. Это можно объяснить наличием большего объема финансовых и технологических ресурсов у крупного бизнеса;

– форма собственности предприятия также оказывает заметное влияние на уровень цифровизации HR-процессов: частные компании демонстрируют более высокие показатели использования цифровых технологий в работе с персоналом: так, электронные базы данных сотрудников и системы электронного документооборота внедрены на всех опрошенных частных предприятиях (100 % и 56 % соответственно). В государственном секторе эти показатели существенно ниже (58 % и 47 %). Автоматизация ключевых HR-функций, таких как рекрутинг, адаптация, аналитика, компенсации и льготы также реализована в большей степени в частных компаниях. Таким образом, частные организации проявляют большую заинтересованность и активнее внедряют современные цифровые технологии в сфере управления человеческими ресурсами. Это объясняется более гибким подходом к управлению, ориентацией на эффективность и конкурентные преимущества.

В качестве обобщенных рекомендаций по определению направлений цифровизации управления человеческими ресурсами витебских организаций и повышению уровня автоматизации функций специалистов кадровых служб правомерно выделить:

– повышение осведомленности о цифровых технологиях в управлении человеческими ресурсами, особенно

среди представителей среднего бизнеса и организаций частной формы собственности;

– содействие автоматизации кадрового делопроизводства, в частности на средних и малых государственных предприятиях;

– стимулирование разработки отечественных цифровых решений для обучения и оценки сотрудников, в которых нуждаются крупные и малые организации как государственной, так и частной формы собственности.

Проведенный анализ текущего состояния автоматизации функций управления человеческими ресурсами показал, что на данный момент приоритет организаций отдается внедрению систем в области кадрового учета и администрирования (43 % респондентов). Однако при этом существует и объективная потребность бизнеса в автоматизации ряда других направлений кадровой работы. В частности, согласно полученным данным, помимо текущих задач значительный интерес у опрошенных компаний вызывает перспектива внедрения систем обучения и развития персонала (32 %), а также автоматизированных систем оценки (29 %).

Сопоставляя эти показатели, можно отметить некоторое несоответствие между уже автоматизированным функционалом в области управления человеческими ресурсами и потребностями бизнеса в части модернизации кадровых процессов на ближайшую перспективу. Дальнейшее внедрение инновационных технологий предполагает больший охват задач управления талантами и развитием человеческого капитала. Сопоставление автоматизированных функций управления человеческими ресурсами и приоритетных направлений их автоматизации представлено на рисунке 4.

Анализ рисунка 4 позволяет сделать вывод о том, что:

– к таким автоматизированным функциям как рекрутинг, кадровый учет и администрирование, компенсации и льготы, внутренние коммуникации снижается интерес со стороны организаций, их динамика имеет отрицательное значение. Так в автоматизации рекрутинга заинтересовано на 7 % меньше организаций, кадрового учета и администрировании – на 21 %, компенсаций и льгот – на 14 %;

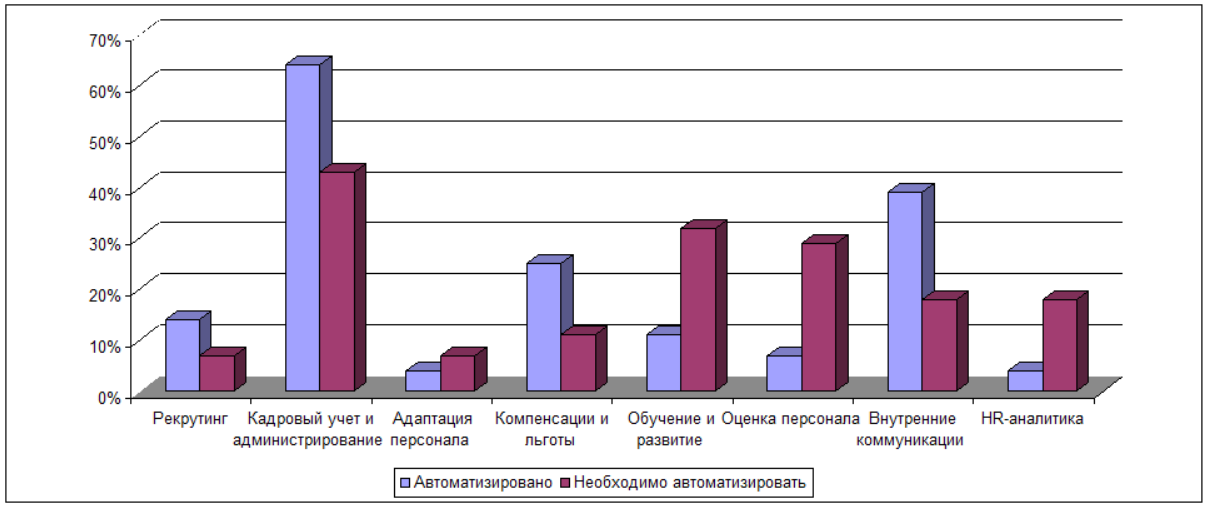


Рисунок 4 – Сопоставление данных по автоматизированным функциям управления человеческими ресурсами организаций Витебской области и приоритетным направлениям их автоматизации
Figure 4 – Comparison of data on automated human resource management functions of organizations in the Vitebsk region and priority areas of their automation

Источник: составлено автором.

– возрастает потребность в автоматизации адаптации персонала – на 3 %, обучении и развитии – на 21 %, оценке персонала – на 22 %, HR-аналитике – на 14 %.

В результате возникшего тренда на снижение спроса на автоматизацию ряда традиционных функций кадровых служб, таких как рекрутинг и администрирование, в перспективе объем рутинных операций в работе специалистов по управлению человеческими ресурсами будет сокращаться. А растущий интерес к автоматизации обучения, оценки, адаптации и аналитики сигнализирует о формировании качественно новых направлений деятельности кадровых подразделений. Эти тренды коррелируют с общими процессами цифровой трансформации экономики. Следовательно, чтобы эффективно содействовать решению новых HR-задач, специалисты кадровых служб должны обладать расширенным набором цифровых и аналитических компетенций, что обусловливает объективную необходимость в обновлении образовательных программ и масштабной переподготовке специалистов для кадровых служб организаций Витебской области с целью успешной трансформации в соответствии с новыми вызовами рынка труда.

По результатам проведенного исследования получены данные, подтверждающие выдвинутую гипотезу о том, что под влиянием цифровизации происходит трансформация компетенций специалистов по управлению человеческими ресурсами организаций Витебского региона. По мере автоматизации традиционных функций управления человеческими ресурсами и сокращения объема рутинных операций, могут утратить актуальность и выйти из числа востребованных следующие компетенции специалистов кадровых служб:

– ручная обработка данных и ведение бумажной кадровой документации;

– размещение вакансий в средствах массовой информации, отслеживание откликов соискателей без специализированных ИТ-систем;

– ручной учет рабочего времени, расчет зарплаты и оформление компенсаций;

– формальное проведение аттестации и оценки персонала без аналитической составляющей;

– администрирование процесса адаптации и введения в должность «по шаблону».

То есть специалистам кадровых служб придется отказаться от тактики «работы по шаблону» и рутинного режима при решении многих их традиционных задач. На первый план выйдет аналитика, стратегический подход, управление на основе цифровых технологий.

Учитывая обозначенные тенденции, у специалистов кадровых служб появятся следующие востребованные компетенции:

– работа с цифровыми системами управления обучением и развитием персонала;

– построение моделей компетенций, профилей должностей на основе больших данных и прогнозной аналитики;

– навыки проведения онлайн-оценки с использованием цифровых инструментов (тесты, кейсы, интервью);

– AR/VR моделирование для адаптации, виртуального онбординга персонала;

– построение и анализ кадровой отчётности с помощью BI-инструментов (Business Intelligence tools);

– разработка рекомендаций по оптимизации HR-процессов на основе работы с большими данными;

– применение технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в управлении человеческими ресурсами;

– управление внедрением и функционированием цифровых систем для автоматизации HR.

Данные компетенции позволят максимально эффективно использовать новые технологии для решения кадровых задач и выстраивания работы специалистов кадровых служб в соответствии с тенденциями рынка труда.

Выводы

Проведенное исследование позволило проанализировать текущее состояние и выявить основные тенденции цифровой трансформации системы управления человеческими ресурсами на уровне организаций Витебского региона.

В результате анализа данных, собранных методом анкетного опроса руководителей кадровых служб и директоров организаций, определены ключевые направления автоматизации функций управления человеческими ресурсами, востребованные бизнесом (учет и администрирование персонала, организация обучения и оценка сотрудников). Выявлено влияние размера компаний и их формы собственности на уровень внедрения цифровых технологий в сфере управления человеческими ресурсами.

Полученные результаты свидетельствуют о формировании новых компетенций, необходимых специалистам кадровых служб для результативной деятельности в условиях цифровизации: работа с аналитическими системами, онлайн-обучение, использование цифровых

технологий для оценки и адаптации персонала.

Таким образом, проведенное исследование отражает региональную специфику процессов цифровой трансформации в сфере управления человеческими ресурсами и может быть использовано для выработки мер по их дальнейшему развитию с учетом потребностей конкретных типов организаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Беляцкий, Н.П. и Подупейко, А.А. (2019). Цифровые трансформации управления персоналом. *Вестник Белорусского государственного экономического университета,* № 4 (135), С. 24–30.

Ванкевич, Е.В. и др. (2020). *Управление человеческими ресурсами современной организации: теория и практика : монография*. Витебск: УО «ВГТУ», Республика Беларусь.

Вольнов, Е. (2023), Разбор исследования «2023 Global Human Capital Trends» от Deloitte. [Online], URL: https://vc.ru/u/821124-evgeniy-volnov/645551-razbor-issledovaniya-2023-global-human-capital-trends-ot-deloitte, (дата обращения: 29.12.2023).

Гиоргашвили, В.С. и Бакаев, М.А. (2018). Анализ и прогнозирование для рынков труда на основе онлайн-данных. *International Journal of Open Information Technologies,* № 12, С. 3–12.

Давий, А.О. (2022). *Влияние технологического окружения и цифровой трансформации на результаты деятельности компаний*. Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Российская Федерация.

Калиновская, И.Н. (2021). Теоретические аспекты подбора кадров с применением технологий искусственного интеллекта. *Право. Экономика. Психология*, № 1 (21), С. 48–64.

Калиновская, И.Н. (2021). Цифровой рекрутинг с использованием интеллектуальных диалоговых систем, построенных на принципах машинного обучения. *Цифровая трансформация*, № 1 (19), С. 24–34.

Калиновская, И.Н. (2022). Анализ представленных на рынке труда компетенций, извлеченных из цифровых источников с помощью искусственного интеллекта. *Экономика и общество: международный научно-практический журнал,* № 04 (22), С. 29–42.

Колодезникова, Ю.Ю. (2023). Цифровизация обучения персонала: новые технологии и проблемы их внедрения. *Гуманитарный научный журнал,* № 1-1, С. 30–39.

KPMG (2019), «Будущее HR», [Online], URL: https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/04/ru-ru-future-of-hr-2019.pdf, (дата обращения: 12.04.2022).

Набок, О.А. (2022). Цифровая культура: механизмы формирования культуры инноваций. *Сборник материалов ВНПК «Организационная психология: люди и риски»*, Т. 1, С. 126–132.

Остапенко, В.А., Морозова И.М. и Казанцева, Н.В. (2022). Развитие новых форм занятости в условиях цифровой трансформации экономики. *E-Management,* Т. 5, № 3, С. 64–72.

Паньшин, Б. (2021). Цифровая культура: теория и практика. *Наука и инновации*, № 8, С. 45–51.

Пронина В.А., Федулов Д.А., Тихонов А.И. (2023), «Автоматизация всех процессов управления человеческими ресурсами как основной тренд 2023 года». [Online], URL: https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-vseh-protsessov-upravleniya-chelovecheskimi-resursami-kak-osnovnoy-trend-2023-goda, (дата обращения: 23.02.2024).

Рощин, С. и Маркова, К. (2004). Выбор каналов поиска работы на российском рынке труда. *Консорциум экономических исследований и образования*, № 04/05, С. 1–66.

Семина, А.П. (2020). Автоматизация процесса управления персоналом. *Вестник Академии знаний*, № 1 (36), С. 216–220.

Титаренко, Л.Г. и Карапетян, Р.В. (2021). Цифровая трансформация трудовой сферы: сравнительный анализ показателей России и Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. Социология*, № 1, С. 52–69.

Тихонова, И. (2015). Новые возможности рекрутинга XXI века. *Научный альманах (Социологические науки),* № 7, С. 1277–1280.

Шевченко, К.В. (2022). Стратегический анализ рынка труда Амурской области (данные интернет-платформ HeadHunter и SuperJob). *Экономика промышленности. Russian Journal of Industrial Economics*, № 15 (2), С. 234–242.

Al Noumani, R.A. & Syed, R.T. (2020). Human Resource Automation: Benefits and Challenges for Organizations. *Conference: FINIZ 2020*, vol. 1, pp. 161–164.

Deloitte insights (2023), «2023 global human capital trends report», [Online], URL: https://www2.deloitte.com/global/en/pages/about-deloitte/articles/human-capital-trends.html, (Accessed: 12.09.2023).

Gill, M. & VanBoskirk, Sh. (2016). *The Digital Maturity Model 4.0.* Massachusetts: Forrester, USA.

Golden, T.D. & Veiga, J.F. (2005). The impact of extent of telecommuting on job satisfaction: Resolving inconsistent findings. *Journal of Management,* vol. 31, pp. 301–318.

Kuruba, M. (2019). *Role Competency Matrix. A Step-By-Step Guide to an Objective Competency Management System.* Maharashtra: Springer, India.

McCloskey, D.W. & Igbaria, M. (1998). A review of the empirical research on telecommuting and directions for future research. *The virtual workplace*, vol. 16, pp. 338–358.

McKinsey & Company (2021), «What executives are saying about the future of hybrid work», [Online], URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/what-executives-are-saying-about-the-future-of-hybrid-work, (Accessed: 29.12.2023).

McKinsey Study (2023), «McKinsey Study: The future of Work in America: People and places, today and tomorrow», [Online], URL: https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-in-america-people-and-places-today-and-tomorrow, (Accessed: 19.12.2023).

Microsoft (2021), «The Next Great Disruption Is Hybrid Work – Are We Ready?», [Online], URL: https://www.microsoft.com/en-us/worklab/work-trend-index/hybrid-work, (Accessed: 30.12.2023).

Milojicic D. et al. (2014), «Tech Trends: What Will Be The Biggest Innovations by 2022», [Online], URL: https://www.computer.org/publications/tech-news/trends/2022-report, (Accessed: 15.09.2023).

Sharma A. (2022), «The Evolution of HR Technology and how the future of HR is AI-driven», [Online], URL: https://myanatomy.in/articles/the-evolution-of-hr-technology-and-how-the-future-of-hr-is-ai-drivenall-you-need-to-know, (Accessed: 12.09.2023).

Vankevich, A. & Kalinouskaya, I. (2021). Better understanding of the labour market using Big Data. *Ekonomia i prawo. Economics and law*, vol. 20, No. 3, pp. 677–692.

Westerman, G., Bonnet, D. & McAfee, A. (2014), Leading digital: Turning technology into business transformation. Harvard Business Press. [Online], URL: https://hbsp.harvard.edu/product/17039-HBK-ENG, (Accessed: 30.12.2023).

Kalinouskaya, I. (2022). Selection of Training Programs for Textile Industry Personnel Using Artificial Intelligence. *International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI-2021)*, https://doi.org/10.1063/5.0078827.

Vankevich, A. & Kalinouskaya, I. (2020). Ensuring sustainable growth based on the artificial intelligence analysis and forecast of in-demand skills. *First Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2020)*, Vol. 208, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020803060.

REFERENCES

Byalyatsky, N.P. and Podupeiko, A.A. (2019). Digital transformations of personnel management [Cifrovye transformacii upravleniya personalom]. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Bulletin of the Belarusian State University of Economics*, № 4 (135), pp. 24–30 (In Russian).

Daviy, A.O. (2022). *Vliyanie tekhnologicheskogo okruzheniya i cifrovoj transformacii na rezul'taty deyatel'nosti kompanij* [The impact of the technological environment and digital transformation on the performance of companies]. St. Petersburg: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «National Research University Higher School of Economics», Russian Federation (In Russian).

Giorgashvili, V.S. and Bakaev, M.A. (2018). Analysis and forecasting for labor markets based on online data [Analiz i prognozirovanie dlya rynkov truda na osnove onlajn-dannyh]. *International Journal of Open Information Technologies*, № 12, pp. 3–12 (In Russian).

Kalinouskaya, I. (2021). Digital recruitment using intelligent dialog systems based on machine learning principles [Cifrovoj rekruting s ispol'zovaniem intellektual'nyh dialogovyh sistem, postroennyh na principah mashinnogo obucheniya]. *Cifrovaya transformaciya = Digital transformation*, № 1 (19), pp. 24–34 (In Russian).

Kalinouskaya, I. (2021). Theoretical aspects of recruitment using artificial intelligence technologies [Teoreticheskie aspekty podbora kadrov s primeneniem tekhnologij iskusstvennogo intellekta]. *Pravo. Ekonomika. Psihologiya = Right. Economy. Psychology*, № 1 (21), pp. 48–64 (In Russian).

Kalinouskaya, I. (2022). Analysis of the competencies presented on the labor market, extracted from digital sources using artificial intelligence [Analiz predstavlennyh na rynke truda kompetencij, izvlechennyh iz cifrovyh istochnikov s pomoshch'yu iskusstvennogo intellekta]. *Ekonomika i obshchestvo: mezhdunarodnyj nauchno-prakticheskij zhurnal = Economics and Society: an international scientific and practical journal*, № 04 (22), pp. 29–42 (In Russian).

Kolodeznikova, Yu.Yu. (2023). Digitalization of staff training: new technologies and problems of their implementation [Cifrovizaciya obucheniya personala: novye tekhnologii i problemy ih vnedreniya]. *Gumanitarnyj nauchnyj zhurnal = Humanitarian Scientific Journal*, № 1-1, pp. 30–39 (In Russian).

KPMG (2019), «The future of HR», [Budushchee HR] [Online], URL: https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/04/ru-ru-future-of-hr-2019.pdf, (Accessed: 12.04.2022) (In Russian).

Nabok, O.A. (2022). Digital culture: mechanisms for the formation of a culture of innovation [Cifrovaya kul'tura: mekhanizmy formirovaniya kul'tury innovacij]. *Sbornik materialov VNPK «Organizacionnaya psihologiya: lyudi i riski» = Collection of materials of VNPK «Organizational psychology: people and risks»*, T. 1, pp. 126–132 (In Russian).

Ostapenko, V.A., Morozova I.M. and Kazantseva, N.V. (2022). The development of new forms of employment in the context of the digital transformation of the economy [Razvitie novyh form zanyatosti v usloviyah cifrovoj transformacii ekonomiki]. *E-Management = E-Management*, T. 5, № 3, pp. 64–72 (In Russian).

Panshin, B. (2021). Digital culture: theory and practice [Cifrovaya kul'tura: teoriya i praktika]. *Nauka i innovacii = Science and innovation*, № 8, pp. 45–51 (In Russian).

Pronina V.A., Fedulov D.A., Tihonov A.I. (2023), «Automation of all human resource management processes as the main trend in 2023». [Avtomatizaciya vsekh processov upravleniya chelovecheskimi resursami kak osnovnoj trend 2023 goda]. [Online], URL: https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-vseh-protsessov-upravleniya-chelovecheskimi-resursami-kak-osnovnoy-trend-2023-goda, (Accessed: 23.02.2024).

Roshchin, S. and Markova, K. (2004). The choice of job search channels in the Russian labor market [Vybor kanalov poiska raboty na rossijskom rynke truda]. *Konsorcium ekonomicheskih issledovanij i obrazovaniya = Consortium for Economic Research and Education*, № 04/05, pp. 1–66 (In Russian).

Semina, A.P. (2020). Automation of the personnel management process [Avtomatizaciya processa upravleniya personalom]. *Vestnik Akademii znanij = Bulletin of the Academy of Knowledge*, № 1 (36), pp. 216–220 (In Russian).

Titarenko, L.G. and Karapetyan, R.V. (2021). Digital transformation of the labor sphere: a comparative analysis of the indicators of Russia and Belarus [Cifrovaya transformaciya trudovoj sfery: sravnitel'nyj analiz pokazatelej Rossii i Belarusi].

Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Sociologiya = Journal of the Belarusian State University. Sociology, № 1, pp. 52–69 (In Russian).

Tikhonova, I. (2015). New recruiting opportunities of the XXI century [Novye vozmozhnosti rekrutinga XXI veka]. *Nauchnyj al'manah (Sociologicheskie nauki) = Scientific Almanac (Sociological Sciences)*, № 7, pp. 1277–1280 (In Russian).

Shevchenko, K.V. (2022). Стратегический анализ рынка труда Амурской области (данные интернет-платформ HeadHunter и SuperJob) [Strategicheskij analiz rynka truda Amurskoj oblasti (dannye internet-platform HeadHunter i SuperJob)]. *Ekonomika promyshlennosti. Russian Journal of Industrial Economics = The economics of industry. Russian Journal of Industrial Economics*, № 15(2), pp. 234–242 (In Russian).

Vankevich, E.V. et al. (2020). *Upravlenie chelovecheskimi resursami sovremennoj organizacii: teoriya i praktika : monografiya* [Human resource management of a modern organization: theory and practice : monograph]. Vitebsk: EI «VSTU», Republic of Belarus (In Russian).

Volnov, E. (2023), Analysis of the study "2023 Global Human Capital Trends" by Deloitte [Razbor issledovaniya «2023 Global Human Capital Trends» ot Deloitte]. [Online], URL: https://vc.ru/u/821124-evgeniy-volnov/645551-razbor-issledovaniya-2023-global-human-capital-trends-ot-deloitte, (Accessed: 29.12.2023) (In Russian).

Al Noumani, R.A. & Syed, R.T. (2020). Human Resource Automation: Benefits and Challenges for Organizations. *Conference: FINIZ 2020*, vol. 1, pp. 161–164.

Deloitte insights (2023), «2023 global human capital trends report», [Online], URL: https://www2.deloitte.com/global/en/pages/about-deloitte/articles/human-capital-trends.html, (Accessed: 12.09.2023).

Gill, M. & VanBoskirk, Sh. (2016). *The Digital Maturity Model 4.0*. Massachusetts: Forrester, USA.

Golden, T.D. & Veiga, J.F. (2005). The impact of extent of telecommuting on job satisfaction: Resolving inconsistent findings. *Journal of Management*, vol. 31, pp. 301–318.

Kuruba, M. (2019). *Role Competency Matrix. A Step-By-Step Guide to an Objective Competency Management System*. Maharashtra: Springer, India.

McCloskey, D.W. & Igbaria, M. (1998). A review of the empirical research on telecommuting and directions for future research. *The virtual workplace*, vol. 16, pp. 338–358.

McKinsey & Company (2021), «What executives are saying about the future of hybrid work», [Online], URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/what-executives-are-saying-about-the-future-of-hybrid-work, (Accessed: 29.12.2023).

McKinsey Study (2023), «McKinsey Study: The future of Work in America: People and places, today and tomorrow», [Online], URL: https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-in-america-people-and-places-today-and-tomorrow, (Accessed: 19.12.2023).

Microsoft (2021), «The Next Great Disruption Is Hybrid Work – Are We Ready?», [Online], URL: https://www.microsoft.com/en-us/worklab/work-trend-index/hybrid-work, (Accessed: 30.12.2023).

Milojicic D. et al. (2014), «Tech Trends: What Will Be The Biggest Innovations by 2022», [Online], URL: https://www.computer.org/publications/tech-news/trends/2022-report, (Accessed: 15.09.2023).

Sharma A. (2022), «The Evolution of HR Technology and how the future of HR is AI-driven», [Online], URL: https://myanatomy.in/articles/the-evolution-of-hr-technology-and-how-the-future-of-hr-is-ai-drivenall-you-need-to-know, (Accessed: 12.09.2023).

Vankevich, A. & Kalinouskaya, I. (2021). Better understanding of the labour market using Big Data. *Ekonomia i prawo. Economics and law*, vol. 20, No. 3, pp. 677–692.

Westerman, G., Bonnet, D. & McAfee, A. (2014), Leading digital: Turning technology into business transformation. Harvard Business Press. [Online], URL: https://hbsp.harvard.edu/product/17039-HBK-ENG, (Accessed: 30.12.2023).

Kalinouskaya, I. (2022). Selection of Training Programs for Textile Industry Personnel Using Artificial Intelligence. *International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI-2021),* https://doi.org/10.1063/5.0078827.

Vankevich, A. & Kalinouskaya, I. (2020). Ensuring sustainable growth based on the artificial intelligence analysis and forecast of in-demand skills. *First Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2020)*, Vol. 208, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020803060.

Информация об авторах / Information about the authors

Калиновская Ирина Николаевна
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь. E-mail: i-kalinovskaya@yandex.by

Iryna N. Kalinouskaya
Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor of the Department "Economics and E-business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus. E-mail: i-kalinovskaya@yandex.by

УДК 330.341.1 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-141-157

Оценка инновационной деятельности организации с учетом цифровых трансформаций

Л.В. Прудникова *Витебский государственный технологический университет,*
Т.В. Жиганова *Республика Беларусь*

Аннотация. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью формирования методического инструментария оценки инновационной деятельности организации учитывающего цифровые трансформации, оказывающие непосредственное влияние на уровень затрат, время и интенсивность инновационных преобразований в организации в современных условиях хозяйствования.

Целью настоящего исследования явилась систематизация и сравнительный анализ методических подходов к оценке инновационной деятельности и цифровых трансформаций в организации, разработка методического инструментария оценки инновационной деятельности организации, учитывающего взаимосвязь инноваций и цифровизации. Для достижения поставленной цели применялись общенаучные методы теоретического познания: статистического и логического анализа и синтеза, сравнения, дедукции и обобщения, технологии структурного и графического моделирования.

В работе обоснована необходимость оценки инновационной деятельности организации с учетом уровня цифровой трансформации. Осуществлена систематизация методических подходов к оценке инновационной деятельности организации и сделан вывод относительно доступности и объективности информационной базы и предлагаемой авторами системы показателей. Дана характеристика взаимосвязи цифровых трансформаций организации с инновационной деятельностью организации. Осуществлена систематизация моделей оценки цифровых трансформаций организации, позволившая сделать вывод о недостаточном внимании авторов к вопросам взаимопроникновения инноваций и цифровых трансформаций. По результатам проведенного исследования был разработан методический инструментарий оценки инновационной деятельности организации с учетом цифровых трансформаций исходя из этапов инновационной деятельности организации и взаимосвязи инноваций и цифровых трансформаций.

Ключевые слова: инновационная деятельность, цифровая трансформация, цифровая зрелость, создание новшества, коммерциализация новшества, результативность инновационной деятельности, система показателей оценки инновационной деятельности.

Информация о статье: поступила 13 февраля 2023 года.

Assessment of organization's innovation activity in view of digital transformations

Liudmila V. Prudnikava *Vitebsk State Technological University,*
Tatsiana V. Zhyhanava *Republic of Belarus*

Abstract. The relevance of the research topic stems from the necessity methodological tools for evaluating the innovative activity of an organization, taking into account digital transformations that have a direct impact on the level of costs, time and intensity of innovative transformations in an organization under contemporary business conditions.

The goal of this study was to systematize and comparatively analyze of methodological approaches to the assessment of innovation and digital transformations in an organization. It also aimed at the development of methodological tools for assessing the innovation activity of an organization, taking into account the relationship between innovation and digitalization. To achieve this goal, general scientific methods of theoretical knowledge were used, including statistical and logical analysis and synthesis, comparison, deduction and generalization, technologies of structural and graphical modeling.

The paper substantiates the need to evaluate the innovative activity of an organization, taking into account the level of digital transformation. The systematization of methodological approaches to the assessment of innovative activities of the organization has been carried out, and a conclusion has been made regarding the accessibility and objectivity of the

information base and the indicator system proposed by the authors. The interrelation of digital transformations of the organization with its innovative activity is characterized. The systematization of models for evaluating digital transformations of an organization has been carried out, leading to the conclusion that the authors do not pay sufficient attention to the issues of interpenetration of innovations and digital transformations. Based on the results of the study, a methodological toolkit for evaluating the innovation activity of an organization, considering digital transformations, was developed. This toolkit is based on the stages of the organization's innovative activity and the relationship between innovation and digital transformations.

Keywords: innovation activity, digital transformation, digital maturity, creation of innovation activity, creation of innovation, commercialization of innovation, effectiveness of innovation activity, system of indicators for evaluating innovation activity.
Article info: received February 13, 2023.

Введение

В современных условиях высокой конкуренции соответствие внутренней среды организации требованиям рынка вызывает необходимость постоянной трансформации, основу которой составляют инновации. Мировая практика показывает, что активизация инновационной деятельности – это не только путь к повышению конкурентоспособности организации, но и серьёзный стимул экономического развития страны.

Научные исследования и разработки на различных этапах инновационного процесса являются не только источником новых идей, но и выступают как средство решения проблем, потенциально возможных на любой стадии цикла «исследование-внедрение-производство-рынок».

Особую важность инновационной деятельности подтверждает утвержденная Указом Президента Республики Беларусь от 15 сентября 2021 г. № 348 «Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы», целью которой является достижение Республикой Беларусь уровня инновационного развития стран-лидеров в регионе Восточной Европы на основе реализации интеллектуального потенциала белорусской нации. [Примечание – Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы Источник: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100348].

Одним из основных направлений современного развития и драйвером прогресса является цифровизация. В целях обеспечения внедрения информационно-коммуникационных и передовых производственных технологий в отрасли национальной экономики и сферы жизнедеятельности общества Совет Министров Республики Беларусь 2.02.2021 г. постановил утвердить Государственную программу «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы. При этом для достижения данной цели в рамках Государственной программы одной из задач, которая должна быть решена, выступает развитие инструментов цифровой экономики в различных отраслях национальной экономики, предусматривающих применение передовых производственных технологий в производстве и процессах ведения внешнеэкономической деятельности, формирование необходимых условий для сохранения и повышения конкурентоспособности белорусских предприятий на мировом рынке. [Примечание – Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы. Источник: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100066].

Благодаря цифровым трансформациям появляется возможность и обосновывается необходимость использования новых технологий для выполнения поставленных задач в сфере инновационной деятельности организации лучше, быстрее и порой абсолютно по-другому.

Соответственно методический инструментарий оценки инновационной деятельности должен учитывать цифровые трансформации, протекающие в организации.

Целью настоящего исследования явились сравнительный анализ и систематизация методических подходов к оценке инновационной деятельности и цифровых трансформаций в организации и разработка методического инструментария оценки инновационной деятельности организации, учитывающего взаимосвязь инноваций и цифровизации.

Для достижения поставленной цели авторами были решены следующие задачи:

– проведена систематизация методических подходов к оценке инновационной деятельности организации;

– проведена систематизация методических подходов к оценке цифровых трансформаций организации;

– отражена взаимосвязь и взаимообусловленность инноваций и цифровизации в организации;

– разработан методический инструментарий оценки инновационной деятельности организации, отражающий взаимосвязь инноваций и цифровизации.

Научная новизна исследования заключается в том, что разработанная авторами система показателей инновационной деятельности, в отличие от предложенных ранее, позволяет взаимоувязать инновации и цифровизацию по выделенным этапам инновационной деятельности: создание новшества, коммерциализация новшества и результативность инновационной деятельности.

Методы и средства исследований

В качестве методологической базы исследования применялись общенаучные методы теоретического познания: синтеза, группировки, сравнения, дедукции и обобщения, ранговой оценки. Метод синтеза позволил объединить разрозненные методические подходы авторов к оценке и анализу инновационной деятельности и цифровых трансформаций в единую систему. При разграничении методик оценки инновационной деятельности был применен метод группировки. В качестве группировочных признаков при этом были определены вид показателей (абсолютные, относительные, булевые, балльные, интегральные) и доступность информации (статистическая отчетность, бухгалтерская отчетность, анкетирование, внутренняя отчетность организации). Изучение и обобщение отдельных методик позволило получить итоговый вывод: по признаку вида показателей преобладают относительные показатели, по признаку доступности исходных данных – бухгалтерская и статистическая отчетность. При проведении сравнительного анализа методик оценки инновационной деятельности был применен метод ранжирования. Ранг отдельной группы показателей и отдельных источников информации определялся исходя из процента встречаемости в рассматриваемых методиках: наименее часто встречаемому признаку присваивался ранг 1, следующему по возрастанию встречаемости ранг 2 и т. д. Графическое представление направлений оценки цифровизации реального бизнеса позволило выявить степень внимания авторов отдельных методик к инновациям. Метод дедукции позволил, используя логико-методологическую процедуру, посредством которой осуществляется переход от общего к частному в процессе рассуждений, предложить систему частных показателей для оценки инновационной деятельности организации с учетом цифровых трансформаций. Это позволило создать условия обоснованности обобщений, выводов и утверждений, полученных в работе.

Оценка инновационной деятельности организации

В условиях «новой экономики» актуальны классические научные подходы к изучению роли инноваций в хозяйственной деятельности организаций, которые поднимались учеными на протяжении многих десятилетий. Основополагающие идеи были заложены Й. А. Шумпетером, позже развиты в трудах Ф. Валента, Г. Менша, Б. Твисса и др. Согласно Й. А. Шумпетера, внутренними факторами, вызывающими экономическое развитие, являются новые производственные комбинации – инновации (нововведения). В качестве новых производственных комбинаций выступают: создание нового продукта; использование новой технологии производства; использование новой организации производства; открытие новых рынков сбыта; открытие новых источников сырья (Шумпетер, 1982). В связи с чем, выделяют продуктовые, процессные, маркетинговые и организационные инновации.

В последнее время произошли некоторые изменения в характеристике и видах инноваций в международной практике. Согласно Международному руководству по статистическому измерению инноваций (Руководство Осло) в четвертой редакции (2018 г.), инновации – внедренный на рынке новый или усовершенствованный продукт (товар, услуга), значительно отличающийся от продукта, производившегося ранее; внедренный в практику новый или усовершенствованный бизнес-процесс, значительно отличающийся от соответствующего бизнес-процесса, используемого ранее. При этом выделяется два основных вида инноваций (OECD/Eurostat, 2018):

– продуктовые инновации – это внедренный на рынке новый или усовершенствованный продукт (товар, услуга), значительно отличающийся от продукта, производившегося ранее;

– инновации бизнес-процесса – это внедренный в практику организации новый или улучшенный бизнес-процесс для одной или нескольких бизнес-функций, который значительно отличается от бизнес-процессов используемых ранее.

В соответствии с методологическими положениями и практическими рекомендациями по статистическому измерению инновационных процессов, изложенных в четвертой редакции Руководства Осло, в 2021 г. были

внесены изменения в форму 1-нт (инновация) «Отчет об инновационной деятельности организации», заключающиеся в замене четырех типов инноваций на два укрупненных типа: продуктовые инновации и инновации бизнес-процесса.

Основываясь на результатах проведенных ранее исследований методик оценки и анализа инновационной деятельности организации, и с учетом их динамики и постоянного усовершенствования, было принято решение о разделении многообразия методических подходов к оценке и анализу инновационной деятельности на три группы (Прудникова и Жиганова, 2016):

– детализированный подход включает методики, позволяющие оценить состояние инновационной деятельности в целом, учитывая ее отдельные аспекты (методики, предложенные Стрекаловым О., Егоровой М., Баранчеевой В., Крыловой Э. и др.);

– диагностический подход включает методики, позволяющие на основе выполненной оценки провести диагностику и отнести ту или иную организацию к определенной группе, согласно выделенным критериям (методики, предложенные Завлиным П., Васильевой А., Титова М., Никитиной О. Полякова С. и др.);

– дифференцированный подход включает методики, позволяющие оценить либо инновационную активность, либо инновационный потенциал, либо инновационную восприимчивость, как отдельные составляющие, характеризующие инновационные процессы, протекающие в организации (методики Трифиловой А., Ахматганеевой И., Прудниковой Л., Петрашиной И. и др.).

Используя ранговый метод, был проведен сравнительный анализ методических подходов к оценке и анализу инновационной деятельности организации, согласно выделенных групп. Рассматривая доступность и объективность исходных данных в методиках оценки инновационной деятельности организации, выявили, что в рамках диагностического подхода все авторы предлагали использовать в качестве источников информации бухгалтерскую и статистическую отчетность организации, дополняя ее оперативными данными, в рамках детализированного подхода 60 % исследователей в качестве источников информации предлагали использовать результаты анкетирования, а в рамках дифференцированного подхода авторы предлагали использовать все выделенные группы источников информации, располагая их по нисходящему принципу, начиная с отчетности организации и заканчивая результатами анкетирования. С позиции предлагаемых показателей оценки отдают предпочтение относительным показателям исследователи в рамках дифференцированного и диагностического подходов, преобладание балльных оценок – в рамках детализированного подхода (рисунок 1).

В целом, по всем методическим подходам, можно сделать вывод о преобладании в качестве источников информации бухгалтерской и статистической отчетности организации (94 % исследователей), а в качестве показателей оценки – относительных показателей (78 % исследователей) (рисунок 1).

Характеризуя в целом рассмотренные подходы, можно отметить, что практически все они охватывают различное число показателей с различной степенью их детализации. Причем, показатели, объединенные в группы для характеристики той или иной составляющей инновационной деятельности, не всегда соответствуют их содержанию, что, например, выражается в отождествлении системы показателей, предлагаемых авторами как для оценки инновационного потенциала, так и для оценки инновационной активности организации. При этом, методический инструментарий оценки анализа инновационной деятельности организации динамичен и находится в постоянном развитии. Так, на сегодняшний день активизация цифровой трансформации в организациях республики и ее тесная связь с инновационной деятельностью, а также их взаимопроникновение требуют совершенствования методического инструментария оценки инновационной деятельности и отражения в нем данных процессов.

Оценка цифровых трансформаций в организации

Для раскрытия сущности цифровизации в организации необходимо дать характеристику следующих категорий (Гилева, 2019):

– цифровая трансформация характеризует не просто внедрение новых технологий, но и стимулирует активизацию инноваций в бизнес-моделях, продуктах, услугах, при этом вызывая потребность в новых способах ведения бизнеса, новых организационных структурах и операционных моделях;

– цифровая зрелость характеризует цифровое развитие, которое заключается в использовании современных цифровых технологий для продвижения, коммуникации с клиентами, организации продаж, управления внутренними бизнес-процессами.

Цифровая трансформация в организации позволяет:

– автоматизировать доступ клиентов к продуктам и

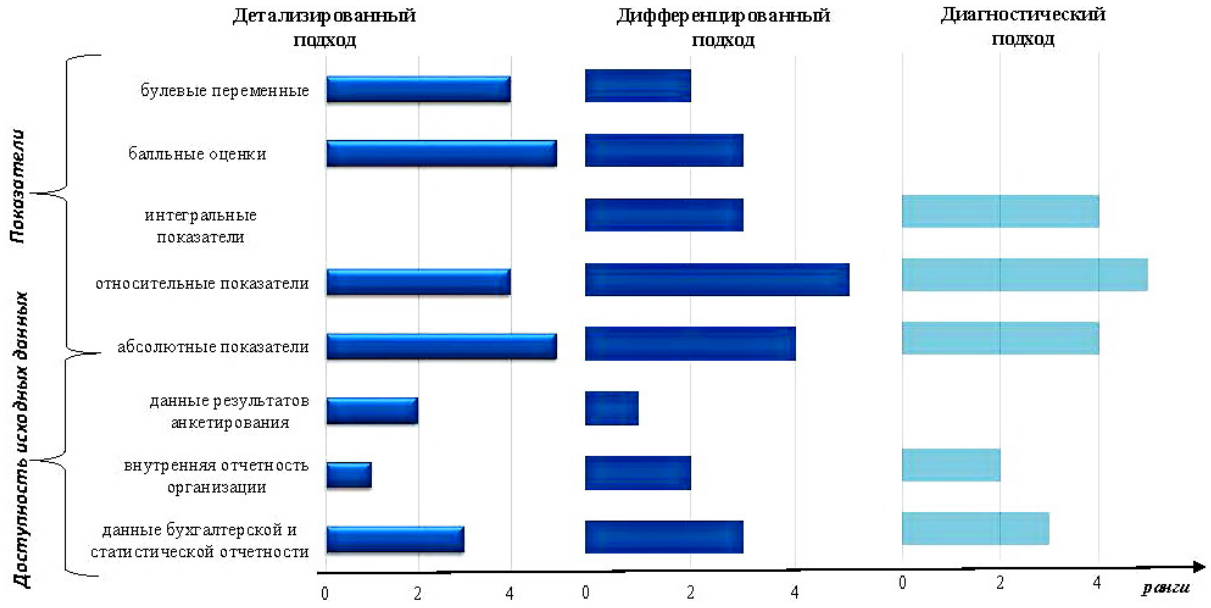


Рисунок 1 – Сравнительный анализ методических подходов к оценке инновационной деятельности на основе ранжирования признаков

Figure 1 – Comparative analysis of methodological approaches to the assessment of innovation activity based on the ranking of features

Источник: составлено авторами.

услугам за счет применения платформенных решений, что дает возможность снижения транзакционных издержек ведения бизнеса;

– оцифровать ключевые бизнес-процессы организации с целью обеспечения согласованности и непрерывности их обслуживания, а также повышения их эффективности;

– оптимизировать процессы по всей цепочке создания ценности и предоставления продуктов и услуг.

Процесс формирования цифровой зрелости влияет на уровень обеспечения цифровой трансформации реального сектора экономики, обеспечивая их тесную взаимосвязь. Это отражается в моделях оценки как цифровой трансформации, так и цифровой зрелости организации. Поэтому в рамках данного исследования в группу моделей оценки цифровой трансформации организации будут включены модели оценки цифровой зрелости.

Проведенный анализ ряда моделей оценки цифровой трансформации организаций позволил выделить следующие направления оценки: стратегия и бизнес-модель, организационная культура и персонал, ресурсы, операционные процессы и информационные технологии, инновации, потребители. Систематизация моделей оценки в соответствии с выделенными направлениями представлена на рисунке 2.

Ориентируясь на результаты исследований Т. А. Гилевой, И. Ю. Мерзлова, Е. В. Шиловой, Е. В. Дериземля, А. Б. Мовсесяна, Е. И. Распопина и др. в области методических особенностей оценки цифровой трансформации и цифровой зрелости организаций можно сделать следующие выводы:

– оценка осуществляется либо на основе использования развернутой системы показателей (более 100 показателей), либо на основе совокупности систематизированных вопросов (анкетирования);

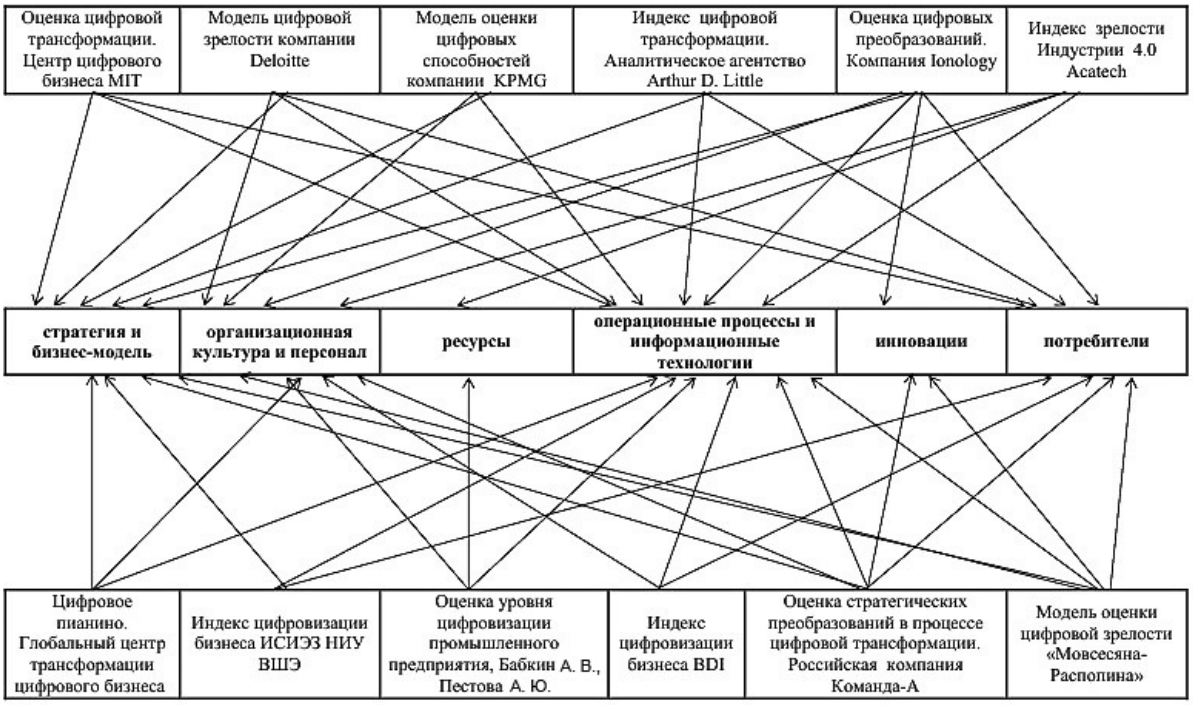


Рисунок 2 – Направления оценки цифровой трансформации организаций
Figure 2 – Directions for assessing the digital transformation of organizations

Источник: составлено авторами на основе источников: (Ватутина, Злобина и Хоменко, 2021; Гилева, 2019; Мерзлов, Шилова, Санникова и Сединин, 2020, Мовсесян А.Б. и Распопин Е.И., 2023).

– в ряде случаев предлагается не только осуществить оценку цифровой трансформации, но и согласно выделенных оценочных уровней провести градацию;

– систематизация рассматриваемых моделей позволила выделить основные направления оценки: стратегия и бизнес-модель, организационная культура и персонал, операционные процессы и информационные технологии, потребители. Однако инновации, как одно из направлений оценки присутствует только в 25 % исследованных моделей.

В условиях цифровизации инновации приобретают новую роль и ценность, соответственно, несмотря на сложность и многокомпонентность понятия цифровая трансформация организации, ее оценка требует исследования в качестве одного из важнейших критериев – инновации. Это подтверждает данная выше характеристика цифровой трансформации организации. Также, по мнению ряда исследователей, одним из ключевых факторов, имеющих огромное значение в цифровой трансформации в производстве, выступают открытые инновации, использование которых предполагает сотрудничество с различными компаниями, стартапами и исследовательскими учреждениями.

Инновации и цифровизация: взаимосвязь и взаимообусловленность

Л. В. Лапидус отмечает роль цифровых технологий в создании продуктовых, процессных, маркетинговых, организационных инноваций (Лапидус, 2022). Соответственно, продуктовые инновации базируются на таких цифровых технологиях как интернет-технологии, технологии электронной коммерции и др., инновации бизнес-процесса базируются на таких цифровых технологиях как компьютерное зрение, аддитивные технологии, алгоритмы искусственного интеллекта, цифровые двойни-

ки и др.

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) выступают как основа цифровой экономики и на современном этапе развития в понятие инновации в ИКТ авторы вкладывают несколько уровней их развития:

– развитие информационных технологий – компьютеры и телекоммуникации, инструменты, которые обеспечивают бизнес нужными возможностями;

– развитие «новых информационных технологий», направленных на упрощение работы со значительным потоком ежедневной информации и данных, которые нарастают в любом бизнесе в современных условиях. Этот уровень затрагивает инновации в области систематизации управления потоками информации и данных для более оперативной работы с ними при управлении бизнесом.

К основному инновационному направлению развития ИКТ первого уровня (развитие информационных технологий) авторы относят автоматизацию процессов – переход информации в более доступную цифровую среду, где ее проще проанализировать, при этом делая процесс «гибким».

Под влиянием цифровых инноваций трансформируются и ускоряются бизнес-процессы, расширяются возможности технологической модернизации. Цифровые инновации, как правило, предшествуют цифровой трансформации – непрерывному процессу преобразования и повышения эффективности бизнеса путем изменения менталитета, принципов и моделей работы организации, не только с точки зрения технологий, но и персонала организаций.

Выделяя основные сферы и направления внедрения цифровых инноваций, авторы в ряде исследований по цифровой экономике относят к ним сбор, хранение, обработку и передачу данных; производственные технологии; изменение взаимодействия с окружающей средой. При этом эффекты от внедрения цифровых инноваций в этих сферах, как уже проявившиеся, так и потенциальные, многообразны и пока недостаточно изучены.

В инновационной деятельности организации цифровые инновации снижают затраты на изобретения, увеличивая возможности для процесса, посредством которого новые продукты заменяют существующие продукты (Магомаева, 2020). Причем выход новых производителей на рынок происходит при более низких барьерах. Потребность в капитале для разработки программного обеспечения, являющегося ядром цифровых инноваций, намного ниже, чем для других видов инновационной деятельности, требующих специфических условий или значительных затрат для разработки. Экономика программного приложения фактически позволяет отдельным разработчикам или небольшим компаниям предлагать свои продукты в сети без прямых затрат.

К основным инновационным направлениям развития ИКТ второго уровня (работа в области систематизации управления потоками информации и данных) авторы относят развитие ERP-систем и CRM-систем. Инновационные направления развития информационных систем и технологий второго уровня призваны снизить нагрузку на менеджеров и руководителей компаний в работе с потоками информации и данных при управлении бизнесом в целях повышения оперативности и качества принимаемых ими управленческих решений.

Показатели оценки инновационной деятельности организации с учетом цифровых трансформаций

Для анализа и оценки инновационной деятельности организации в международных стандартах по вопросам изучения науки и инноваций (Руководство Осло) рекомендуется осуществлять сбор качественных (сведения о видах инновационной деятельности, которыми занимались организации, о характере рабочей силы, уровне образования и численности технического персонала) и количественных (текущие и капитальные затраты по видам инновационной деятельности, затраты по источникам финансирования) сведений о данной деятельности.

Как было отмечено ранее, инновационная деятельность организации и цифровые трансформации тесно взаимосвязаны. Причем эта взаимосвязь прослеживается на всех этапах инновационной деятельности организации (рисунок 3).

Соответственно, оценку инновационной деятельности организации с учетом цифровых трансформаций предлагается осуществлять исходя из этапов инновационного процесса: создание новшества, коммерциализация новшества, результативность инновационной деятельности.

Этап «создание новшества» связан с осуществлением научной и научно-технической деятельности в организации и включает в себя следующую систему показателей:

– удельный вес научно-исследовательских, проектно-конструкторских подразделений от общего количества структурных подразделений организации ($Уд_{НИП}$);

– удельный вес научно-производственных подраз-

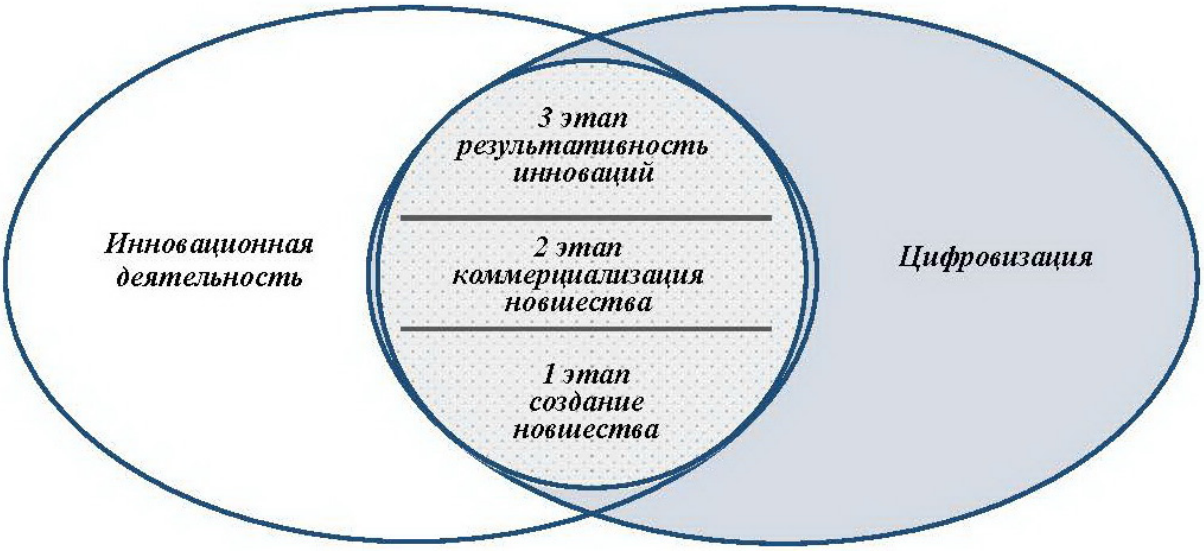


Рисунок 3 – Взаимосвязь инновационной деятельности и цифровых трансформаций в организации
Figure 3 – The relationship between innovation and digital transformations in an organization

Источник: составлено авторами.

делений организации, использующих ИКТ в своей деятельности ($Ув_{НППикт}$);

– доля сотрудников в научно-исследовательских, проектно-конструкторских подразделениях организации ($Д_{с.НИП}$);

– обеспеченность персональными компьютерами (ПК) персонала, занятого НИОКР ($Об_{ПК}$);

– коэффициент занятости специалистов по ИКТ в НИОКР ($Кзп_{ИКТ}$);

– доля затрат на разработку компьютерных программ и баз данных, связанных с инновационной деятельностью в общем объеме затрат на инновации ($Д_{з.ком.пр.}$);

– доля затрат на получение охранных документов на объекты интеллектуальной собственности (ОИС) в общем объеме затрат на инновации ($Д_{з.пр.ОИС}$);

– доля затрат на научные исследования и разработки (НИР) в области ИКТ в общем объеме затрат на НИР ($Дз_{НИРикт}$);

– доля затрат на НИР в общем объеме затрат на инновации ($Д_{ир}$);

– доля вложений в научные исследования и разработки в общем объеме инвестиций организации ($Д_{Иир}$);

– доля совместных проектов по осуществлению инновационной деятельности, в которых участвует организация в общем количестве проектов по осуществлению инновационной деятельности в организации ($Д_{пр.сов.ИД}$);

– доля совместных проектов с партнерами из других государств-членов ЕАЭС по осуществлению инновационной деятельности, в которых участвует организация в общем количестве совместных проектов по осуществлению инновационной деятельности, в которых участвует организация ($Д_{пр.сов.ЕАЭ,С,ИД}$).

Источники информации и методика расчета показателей, характеризующих этап «создание новшества», представлены в таблице 1.

Этап «коммерциализация новшества» связан с процессом производства и маркетинговой деятельности организации и включает в себя следующую систему показателей:

– доля затрат на приобретение исключительного права, права использования ОПС по договорам общем

Таблица 1 – Источники информации и методика расчета показателей, характеризующих этап ‹‹создание новшества››

Table 1 – Sources of information and methods of calculating indicators characterizing the "innovation creation" stage

Формулы	Источники информации
$Д_{с.НИП} = (Ч_{с.НИП} / Ч_{сп}) \times 100\ \%$, где $Ч_{с.НИП}$ – численность сотрудников в научно-исследо-вательских, проектно-конструкторских подразделениях организации;	Форма 1-нт (инновация) (таб. 11, стр. 802) / Форма 12-т (таб. 1, стр. 01)
$Д_{з.ком.пр.} = (З_{комп.пр.} / З_{и}) \times 100\ \%$, где $З_{комп.пр.}$ – затраты на разработку компьютерных программ и баз данных, связанных с инновационной деятельностью; $З_{и}$ – затраты на инновации;	Оперативные данные организации / Форма 1-нт (инновация) (таб. 1, стр. 101)
$Уд_{НИП} = (К_{НИП} / К_{СПП}) \times 100\ \%$, где $К_{НИП}$ – количество научно-исследовательских, проектно-конструк-торских подразделений в организации; $К_{СПП}$ – общее количество структур-ных подразделений в организации;	Форма 1-нт (инновация) (таб. 11, стр. 801) / Организационная структура управления
$Уд_{НППикт} = (К_{НППикт} / К_{СППикт}) \times 100\ \%$, где $К_{НППикт}$ – количество научно-производственных подразделений организации, использующих ИКТ в своей деятельности; $К_{СППикт}$ – общее количество структурных подразделений организации, использующих ИКТ в своей деятельности;	Оперативные данные организации
$Об_{ПК} = (Ч_{ПК\ в\ НИОКР} / Ч_{спНИОКР}) \times 100\ \%$, где $Ч_{ПК\ в\ НИОКР}$ – количество персональных компьютеров, задействованных в НИОКР; $Ч_{спНИОКР}$ – среднесписочная численность персонала занятого НИОКР;	Оперативные данные организации / Форма 1-нт (инновация) (таб. 11, стр. 802)
$Дз_{НИРикт} = З_{ИРикт} / З_{ИР}$, где $З_{ИРикт}$ – затраты на ИР в области ИКТ; $З_{ИР}$ – затраты на ИР;	Форма 6-икт (таб. 7, стр. 604) / Форма 1-нт (инновация) (таб. 1, стр. 102)
$Кзп_{ИКТ} = (ЧпНИОКР_{ИКТ} / Чп_{ИКТ}) \times 100\ \%$, где $ЧпНИОКР_{ИКТ}$ – списочная численность специалистов по ИКТ занятых в НИОКР; $Чп_{ИКТ}$ – списочная численность специалистов по ИКТ;	Оперативные данные организации / Форма 6-икт (таб. 4, стр. 305)
$Д_{ир} = (З_{ир} / З_{и}) \times 100\ \%$, где $З_{ир}$ – затраты на ИР новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов;	Форма 1-нт (инновация) (таб. 1, стр. 102) / (таб. 1, стр. 101)
$Д_{з.пр.ОИС} = З_{ох.док.ОИС} / З_{и} \times 100\ \%$, где $З_{ох.док.ОИС}$ - затраты на получение охранных документов на ОИС;	Форма 1-нт (инновация) (таб. 1, стр. 109 с учетом корректировки) / Форма 1-нт (инновация) (таб. 1, стр. 101)
$Д_{Иир} = (И_{ир} / И) \times 100\ \%$, где $И_{ир}$ – вложения в исследования и разработки; $И$ – инвестиции в основной капитал организации;	Форма 1-ин (инвестиции) (таб. 4 стр. 0246) / Форма 1-ин (инвестиции) (таб. 3 стр. 0202)
$Д_{пр.сов.ИД} = (Кпр_{сов.ИД} / Кпр._{ИД}) \times 100\ \%$, где $Кпр_{сов.ИД}$ – количество совместных проектов по осуществлению инновационной деятельности, в которых участвует организация; $Кпр._{ИД}$ – общее количество проектов по осуществлению инновационной деятельности в организации;	Форма 1-нт (инновация) (таб. 8, стр. 701, гр.1) / Оперативные данные организации

Окончание таблицы 1 – Источники информации и методика расчета показателей, характеризующих этап ‹‹создание новшества››

Table 1 – Sources of information and methods of calculating indicators characterizing the "innovation creation" stage

Формулы	Источники информации
$Д_{пр.сов.ЕАЭ,С,ИД} = (Кпр_{сов.ЕАЭС,ИД} / Кпр._{сов.ИД}) \times 100\ \%$, где $Кпр_{сов.ЕАЭС,ИД}$ – количество совместных проектов с партнерами из других государств-членов ЕАЭС по осуществлению инновационной деятельности, в которых участвует организация.	Форма 1-нт (инновация) (таб. 8, стр. 701, гр.3) / (таб. 8, стр. 701, гр.1)

Примечания: форма 1-нт (инновация) – форма государственной статистической отчетности «Отчет об инновационной деятельности организации» утвержденная 3 сентября 2021 г. Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь № 76; форма 6-икт – форма государственного статистического наблюдения «Анкета об использовании цифровых технологий в организации» утвержденная 9 сентября 2022 г. Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь № 84; форма 12-т – форма государственной статистической отчетности «Отчет по труду» утвержденная 19 августа 2013 г. Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь № 163.

Источник: составлено авторами.

объеме затрат на инновации ($Д_{з.пр.ОПС}$);

– доля затрат на приобретение компьютерных программ и баз данных, связанных с инновационной деятельностью в общем объеме затрат на инновации ($Д_{з.ком.пр.}$);

– коэффициент износа нематериальных активов (НА) организации ($К_{и.НА}$);

– доля нематериальных активов в структуре долгосрочных активов организации ($Д_{НА}$);

– доля имущественных прав на использование ОИС, вытекающих из лицензионных и авторских договоров в структуре НА ($Д_{им.прав\ на\ ис.\ ОИС}$);

– доля имущественных прав на программы для электронных вычислительных машин и компьютерные базы данных в структуре НА ($Д_{им.прав\ на\ прог.}$);

– доля имущественных прав на объекты промышленной собственности (ОПС) в структуре НА ($Д_{им.прав\ на\ ОПС}$);

– коэффициент занятости специалистов по ИКТ в коммерциализации новшества ($Кзп_{ИКТ}$);

– фондоотдача оборудования связи, вычислительной и организационной техники, участвующей в инновационной деятельности организации ($Ф_{о.об.св}$);

– уровень цифровизации инвестиций в инновации ($У_{ИН}$);

– доля затрат на приобретение машин, оборудования, связанных с инновационной деятельностью в общей сумме затрат на инновации ($Д_{Зм.об.}$);

– коэффициент затрат на инновационную продукцию ($К_{из}$);

– доля собственных средств в объеме финансирования инновационной деятельности организации ($Д_{сс}$);

– доля машин и оборудования, созданных на базе передовых производственных технологий в общем количестве используемых машин и оборудования в организации ($Д_{Мптт}$);

– удельный вес работников, непосредственно эксплуатирующих и (или) осуществляющих техническое обслуживание машин и оборудования, созданных на базе передовых производственных технологий в списочной численности работников организации ($Уд_{Чр,птт}$);

– удельный вес сотрудников высшего уровня квалификации ($Удсот._{выс.кв.}$);

– доля затрат на маркетинг и создание бренда в общей сумме затрат на инновации ($Д_{Зм.об.}$).

Источники информации и методика расчета показателей, характеризующих этап «коммерциализация новшества» представлены в таблице 2.

Этап «результативность инновационной деятельности» связан с получаемым результатом от коммерциализации новшества и включает в себя следующую систему показателей:

– удельный вес инновационной продукции ($Уд_{ИП}$);

– удельный вес инновационной продукции, изготовленной с использованием ИКТ ($Уд_{ИПикт}$);

– доля прибыли от реализации инновационной продукции в общем объеме прибыли от реализации продук-

Таблица 2 – Источники информации и методика расчета показателей, характеризующих этап ‹‹коммерциализация новшества››

Table 2 – Sources of information and methods of calculating indicators characterizing the stage of "commercialization of innovation"

Формулы	Источники информации
$Д_{з.пр.ОПС} = (З_{прОПС} / З_{и}) \times 100\ \%$, где $З_{пр.ОПС}$ – затраты на приобретение исключительного права, права использования ОПС по договорам;	Форма 1-нт (инновация) (таб. 1, стр. 109 с учетом корректировки) / (таб. 1, стр. 101)
$Д_{з.ком.пр.} = (З_{комп.пр.} / З_{и}) \times 100\ \%$, где $З_{комп.пр.}$ – затраты на приобретение компьютерных программ и баз данных, связанных с инновационной деятельностью;	Форма 1-нт (инновация)(таб. 1, стр. 108 с учетом корректировки) / (таб. 1, стр. 101)
$К_{и.НА} = (И_{НА} / НА_{пер.}) \times 100\ \%$, где $И_{НА}$ – сумма износа НА за период использования; $НА_{пер.}$ – первоначальная стоимость НА;	Форма 4-ф (средства)таб. 1, (стр. 6–7)/ стр. 6
$Д_{НА} = (НА_{срД} / ДА_{ср.}) \times 100\ \%$, где $НА_{срД}$ – среднегодовая сумма НА; $ДА_{ср.}$ – среднегодовая сумма долгосрочных активов организации;	Бухгалтерский балансстр. 120 / стр. 190
$Д_{им.прав\ на\ ис.\ ОИС} = (ОИСим.прав._{ср.} / НА_{ср.}) \times 100\ \%$, где $ОИСим.прав._{ср.}$ – среднегодовая стоимость имущественных прав на использование ОИС, вытекающих из лицензионных и авторских договоров;	Форма 1-ф (офп) (таб. 4, стр. 52) / (таб. 4, стр. 45)
$Д_{им.прав\ на\ прог.} = (ИМправ.баз.дан._{ср.} / НА_{ср.}) \times 100\ \%$, где $ИМправ.баз.дан._{ср.}$ – среднегодовая стоимость имущественных прав на программы для электронных вычислительных машин и компьютерные базы данных;	Форма 1-ф (офп) (таб. 4, стр. 51) / (таб. 4, стр. 45)
$Д_{им.прав\ на\ ОПС} = ИМправ.на\ ОПС_{ср.} / НА_{ср.} \times 100\ \%$, где $ИМправ\ на\ ОПС_{ср.}$ – среднегодовая стоимость имущественных прав на ОПС;	Форма 1-ф (офп) (таб. 4, стр. 46) / (таб. 4, стр. 45)
$Кзп_{ИКТ} = ЧпКН_{ИКТ} / Чп_{ИКТ-} \times 100\ \%$, где $ЧпКН_{ИКТ}$ – списочная численность специалистов по ИКТ занятых в коммерциализации новшества;	Оперативные данные организации / Форма 6-икт (таб. 4, стр. 305)
$Ф_{о.об.св.} = ДС / ОС_{св.орг.т.ИД.}$, где $ДС$ – добавленная стоимость; $ОС_{св.орг.т.ИД.}$ – среднегодовая стоимость оборудования связи, вычислительной и организационной техники, участвующей в инновационной деятельности организации;	Расчетные данные организации
$У_{ИН} = (Иин / И) \times 100\ \%$, где $Иин$ – инвестиции в ИКТ-инновации; $И$ – общий объем инвестиций в основной капитал организации;	Расчетные данные организации / Форма 1-ис (инвестиции) (таб. 3, стр. 0202)
$Д_{Зм.об.} = (З_{м.об.} / З_{и}) \times 100\ \%$, где $З_{м.об.}$ – сумма затрат на приобретение машин и оборудования, связанных с инновационной деятельностью;	Форма 1-нт (инновация) (таб. 1, стр. 103) / (таб. 1, стр. 101)
$К_{из} = З_{ин} / З$, где $З_{ин}$ – себестоимость инновационной продукции, работ, услуг; $З$ – затраты на производство и реализацию продукции, работ, услуг;	Расчетные данные организации / Форма 4-ф (затраты) (таб. 1 стр. 2)

Окончание таблицы 2 – Источники информации и методика расчета показателей, характеризующих этап ‹‹коммерциализация новшества››

Table 2 – Sources of information and methods of calculating indicators characterizing the stage of "commercialization of innovation"

Формулы	Источники информации
$Д_{сс} = (Зи_{соб.} / Зф.и.) \times 100\ \%$, $Зи_{соб.}$ – объем собственных средств направленных на финансирование затрат на инновации; $Зф.и.$ – объем финансирования затрат на инновации;	Форма 1-нт (инновация) (таб. 2 стр. 202) / (таб. 2 стр. 201)
$Д_{Мппт} = (К_{Мппт} / К_{М}) \times 100\ \%$, где $К_{Мппт}$ – количество машин и оборудования, созданных на базе передовых производственных технологий; $К_{М}$ – общее количество машин и оборудования используемого в организации;	Форма 6-икт (таб. 2 сумма стр. 170, 172, 174, 176, 178) / Оперативные данные организации
$Уд_{Чр,ппт} = (Чр_{ппт} / Чр) \times 100\ \%$, где $Чр_{ппт}$ – списочная численность работников, непосредственно эксплуатирующих и (или) осуществляющих техническое обслуживание машин и оборудования, созданных на базе передовых производственных технологий; $Чр$ - списочная численность работников в среднем за год;	Форма 6-икт (таб. 4, стр. 310) / (таб. 4, стр. 303)
$Удсот._{выс.кв.} = (Ч_{выс.кв.} / Ч) \times 100\ \%$, где $Ч_{выс.кв.}$ – списочная численность работников имеющих высшее образование на конец года; $Ч$ – списочная численность работников организации на конец года;	Форма 1-т (кадры) (таб. 1 (стр. 2, гр.1) / (стр. 1, гр. 1)
$Д_{Зм.об.} = (З_{мар.} / З_{и}) \times 100\ \%$, где $З_{мар.}$ – сумма затрат на маркетинг и создание бренда.	Форма 1-нт (инновация) (таб. 1, стр. 104) / (таб. 1, стр. 101)

Примечания: форма 4-ф (затраты) – форма государственной статистической отчетности «Отчет о затратах на производство и реализацию продукции (работ, услуг)» утвержденная 11 августа 2023 г. Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь № 88; форма 1-т (кадры) – форма государственной статистической отчетности «Отчет о численности, составе и профессиональном обучении кадров» утвержденная 18 июня 2021 г. Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь № 36; форма 1-ис (инвестиции) – форма государственной статистической отчетности «Годовой отчет о вводе в эксплуатацию объектов, основных средств и использовании инвестиций в основной капитал» утвержденная 22 июля 2014 г. Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь № 100; форма 1-ф (офп) – форма государственной статистической отчетности «Отчет об отдельных финансовых показателях» утвержденная 29 августа 2014 г. Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь № 147; бухгалтерский баланс – форма бухгалтерской отчетности (Национальный стандарт бухгалтерского учета и отчетности «Индивидуальная бухгалтерская отчетность», постановление Министерства финансов Республики Беларусь от 12 декабря 2016 г. № 104).
Источник: составлено авторами.

ции ($Д_{Пр}$);

– рентабельность отгруженной инновационной продукции собственного производства ($R_{ип}$);

– доля прибыли от реализации инновационной продукции, изготовленной с использованием ИКТ ($Д_{Пр}$);

– доля экспортируемой инновационной продукции в общем объеме экспортируемой продукции ($Д_{эп}$).

Источники информации и методика расчета показателей, характеризующих этап «результативность инновационной деятельности» представлены в таблице 3.

Разработанная система показателей позволяет дать количественную оценку инновационной деятельности организации с учетом цифровизации на этапах создания новшества, коммерциализации новшества и результативности инновационной деятельности. Система показателей, разработанная для оценки инновационной деятельности на этапе «создание новшества», характеризует обеспеченность организации научно-техниче-

Таблица 3 – Источники информации и методика расчета показателей, характеризующих этап ‹‹результативность инновационной деятельности››

Table 3 – Sources of information and methods of calculating indicators characterizing the stage of "effectiveness of innovation activity"

Формулы	Источники информации
$Уд_{ИП} = (Vин / V) \times 100\ \%$, где $Vин$ – объем отгруженной инновационной продукции собственного производства; V – объем отгруженной продукции собственного производства;	Форма 1-нт (инновация) (таб. 3 стр. 302) / (таб. 3 стр. 301)
$Уд_{ИПикт} = (Vин_{икт} / Vин) \times 100\ \%$, где $Vин_{икт}$ – объем отгруженной инновационной продукции, изготовленной с использованием ИКТ;	Оперативные данные организации / Форма 1-нт (инновация) (таб. 3, стр. 302)
$Д_{Пр} = Пр_{ИП} / Пр \times 100\ \%$, где $Пр_{ИП}$ – прибыль от реализации инновационной продукции; $Пр$ – прибыль от реализации продукции;	Расчетные денные организации / Форма № 2, стр. 060
$R_{ип} = (Пр_{ИП} / Vин) \times 100\ \%$	Расчетные денные организации / Форма 1-нт (инновация) (таб. 3 стр. 302)
$Д_{Пр} = (Пр_{ИПикт} / Пр_{ИП}) \times 100\ \%$, где $Пр_{ИПикт}$ – прибыль от реализации инновационной продукции изготовленной с использованием ИКТ;	Расчетные данные организации
$Д_{эп} = (ИП_{эк} / Э_{п}) \times 100\ \%$, где $ИП_{эк}$ – объем отгруженной инновационной продукции собственного производства за пределы Республики Беларусь; $Э_{п}$ – объем отгруженной продукции собственного производства за пределы Республики Беларусь.	Форма 1-нт (инновация)(таб. 3, стр. 302 гр. 2) / (таб. 3 стр. 301 гр. 2)

Примечания:форма № 2 – форма бухгалтерской отчетности «Отчет о прибылях и убытках» (Национальный стандарт бухгалтерского учета и отчетности «Индивидуальная бухгалтерская отчетность», постановление Министерства финансов Республики Беларусь от 12 декабря 2016 г. № 104).

Источник: составлено авторами.

ским, интеллектуальным потенциалом для осуществления НИОКР, в том числе в области ИКТ, его качества и интенсивность использования, акцентируя внимание на наличие взаимодействия организации с партнёрами из республики и других государств по осуществлению инновационной деятельности. Система показателей, разработанная авторами, характеризующая состояние материально-технической базы с учетом уровня использования ОИС, уровень подготовки персонала и его вовлеченность в коммерциализацию инноваций, в том числе в ИКТ-инноваций, позволяет оценить инновационную деятельность на этапе «коммерциализация новшества». Этап «результативность инновационной деятельности» включает систему показателей, характеризующую уровень продуктовых инноваций, в том числе с использованием ИКТ, их экспортную направленность и финансовый результат от восприятия их рынком.

Выводы

Проведена систематизация методических подходов к оценке инновационной деятельности организации, которая выявила отсутствие отражения в них взаимосвязи цифровых трансформаций и инноваций. В свою очередь, систематизация методических подходов к оценке цифровых трансформаций выявила недостаточную проработанность оценки инноваций на фоне цифровых трансформаций.

Инновационная деятельность и цифровые трансформации тесно взаимосвязаны на всех этапах инновационной деятельности организации. На этапе создания новшества цифровые инновации снижают затраты на

изобретения, ускоряя процесс их диффузии и коммерциализации. На этапе коммерциализации новшества цифровые инновации позволяют расширить возможности технологической модернизации, ускорения бизнес-процессов и повысить оперативность и качество принимаемых менеджерами управленческих решений. На этапе результативности инновационной деятельности организации цифровые инновации способствуют качественным изменениям во взаимодействии с окружающей средой организации и повышению доходности бизнеса.

Используя предложенный авторами методический инструментарий оценки инновационной деятельности организации с учетом цифровых трансформаций, организации будут получать информацию о состоянии показателей, отражающих инновационную деятельность и цифровые трансформации как в целом по организации, так и по выделенным этапам инновационной деятельности. Разработанный авторами методический инструментарий позволяет проводить количественную оценку, формируя необходимую информационную базу в основном за счет данных статистической и бухгалтерской отчетности организации. Однако, не вся информация необходимая для проведения оценки инновационной деятельности с учетом цифровых трансформаций, содержится в бухгалтерской и статистической отчетности организации, поэтому организации рекомендуется формировать управленческую отчетность, как информационную систему. Такая информационная система позволит оценить степень взаимопроникновения инновационных процессов и цифровизации, взаимосвязь и определить ключевые направления деятельности организации, которые одновременно поднимают уровень ее инновационной активности и цифровой зрелости. Это предоставит возможность обеспечить стабильную периодичность оценки, что позволит организации своевременно принимать как стратегические, так и текущие управленческие решения в сфере изобретательской активности, коммерциализации новшеств и повышения результативности инновационной деятельности организации при активном внедрении цифровых инноваций в бизнес-процессы организации.

Обобщая зарубежный и национальный опыт оценки инновационной деятельности и учитывая необходимость привлечения к ней уровня цифровизации, на наш взгляд, необходимо:

1. Внесение изменений в форму 1-нт (инновации), связанных с отражением в ней цифровых инноваций (например, в таблицу 3 ввести строку отражающую объем отгруженной инновационной продукции, изготовленной с использованием ИКТ).

2. Проводить количественную оценку инновационной деятельности организации с учетом цифровых трансформаций, формируя необходимую информационную базу для разработки долгосрочной стратегии, определяющей пути развития организации на долгосрочный период.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Ватутина, Л.А., Злобина, Е.Ю. и Хоменко, Е.Б. (2021). Цифровизация и цифровая трансформация бизнеса: современные вызовы и тенденции. *Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право*, vol. 31, no. 4, pp. 545–551.

Гареева, Н.А. (2016). Инновационное развитие промышленного предприятия: оценка и перспективы. *Креативная экономика*, vol. 10, no. 6, pp. 651–674. DOI: 10.18334/ce.10.6.35357.

Гилева, Т.А. (2019). Цифровая зрелость предприятия: методы оценки и управления. *Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия экономика*, 2019, no 1, pp. 38–52.

Захарова Е.В. и Митякова, О.И. (2018). Информационное обеспечение инновационной деятельности в регионе. *Креативная экономика*, vol. 12, no. 10, pp. 1619–1628. DOI: 10.18334/ce.12.10.39500.

Лапидус, Л.В. (2022). Роль технологических инноваций в развитии бизнеса и цифровой трансформации в странах Евразийского экономического союза. *Государственное управление. Электронный вестник*, no 95, pp. 223–239.

Магомаева, Л.Р. (2020). Цифровые инновации в современной экономике: сферы внедрения и эффекты. *Вестник Института экономики Российской академии наук*, no. 2, pp. 137–146.

Мерзлов, И.Ю., Шилова, Е.В., Санникова, Е.А. и Сединин, М.А. (2020). Комплексная методика оценки уровня цифровизации организаций. *Экономика, предпринимательство и право*, vol. 10, no. 9, pp. 2379–2396.

Мовсесян, А.Б. и Распопин, Е.И. (2023). Методика оценки готовности государственной организации к цифровой трансформации на основе модели цифровой зрелости Мовсесяна-Распопина. *Исследования в цифровой экономике*, vol. 1, no. 2, pp. 75-111. DOI: 10.24833/14511791-2023-2-75-111.

Нехорошева, Л.Н. (2022). Цифровая трансформация экономики: новая технологическая парадигма и перспективные направления развития экономических систем различного уровня. *Белорусский экономический журнал*, vol. 1, pp. 97–115. DOI: 10.46782/1818-4510-2022-1-97-115.

Прудникова, Л.В. и Жиганова, Т.В. (2016). Комплексная методика анализа и оценки инновационно-технологического уровня развития коммерческой организации. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, vol. 1, no. 30, pp. 173–187.

Прудникова, Л.В. и Жиганова, Т.В. (2019). Методический инструментарий анализа и оценки инновационно-технологического уровня развития организации. *Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности. Материалы Международной научно-технической конференции,* pp. 369–372.

Прудникова, Л.В. и Русецкая, Л.С. (2015). Оценка инновационной деятельности коммерческой организации. *Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины*, pp. 200–202.

Разинкина, И.В. и Лазарев, Н.В. (2020). Инновационная деятельность в условиях цифровой экономики. *Креативная экономика*, vol. 14, no. 11, pp. 2757–2772. DOI: 10.18334/ce.14.11.111081.

Сафронов, А.Д. (2017). Движущие силы и стимулы инновационной деятельности компаний. *Российское предпринимательство*, vol. 18, no 17, pp. 2473–2480. DOI: 10.18334/rp.18.17.38274.

Трифилова, А.А. и Олейник-Гарбуз, Ю.А. (2012). Открытые инновации и развитие ключевых функциональных областей управления инновационной деятельностью компании. *Инновации*, no. 3, pp. 90–100.

Шумпетер, Й. (1982). *Теория экономического развития*. Москва : Прогресс, Российская Федерация.

Янченко, Е.В. (2023). Инновационная деятельность предприятий в условиях цифровизации экономики. *Информатизация в цифровой экономике*, vol. 4, no. 3, pp. 225–242. DOI: 10.18334/ide.4.3.118950.

Яшин, С.Н., Амбарцумян, А.Э. и Лапшина, Е.Н. (2018). Интегральная оценка инновационного развития предприятия как основа принятия управленческих решений. *Креативная экономика*, vol. 12, no. 2, pp. 167–176. DOI: 10.18334/ce.12.2.38813.

OECD/Eurostat (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition,* The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, URL: https://doi.org/10.1787/9789264304604-en, (Accessed: 09.02.2024).

REFERENCES

Vatutina, L.A., Zlobina, E.Y. and Khomenko, E.B. (2021). Digitalization and digital transformation of business: current challenges and trends [Cifrovizaciya i cifrovaya transformaciya biznesa: sovremennye vyzovy i tendencii]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Ekonomika i pravo = Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Ekonomika i pravo*, vol. 31, no. 4, pp. 545–551 (In Russian).

Gareeva, N.A. (2016). Innovative development of an industrial enterprise: assessment and prospects [Innovacionnoe razvitie promyshlennogo predpriyatiya: ocenka i perspektivy]. *Kreativnaya ekonomika = Creative economy*, vol. 10, no. 6, pp. 651–674. DOI: 10.18334/ce.10.6.35357 (In Russian).

Gileva, T.A. (2019). Digital maturity of the enterprise: assessment and management methods [Cifrovaya zrelost predpriyatiya: metody ocenki i upravleniya]. *Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya ekonomika = Bulletin of the USPTU. Science, education, economics. Economics Series*, 2019, no 1, pp. 38–52.

Zakharova, E.V. and Mityakova, O.I. (2018). Information support of innovation activities in the region [Informacionnoe obespechenie innovacionnoj deyatelnosti v regione]. *Kreativnaya ekonomika = Creative economy*, vol. 12, no. 10, pp. 1619–1628. DOI: 10.18334/ce.12.10.39500.

Lapidus, L.V. (2022). The role of technological innovations in business development and digital transformation in the countries of the Eurasian Economic Union [Rol tehnologicheskih innovacij v razvitii biznesa i cifrovoj transformacii v stranah Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza]. *Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyj vestnik = Public administration. Electronic Bulletin*, no 95, pp. 223–239.

Magomaeva, L.R. (2020). Digital innovations in the modern economy: areas of implementation and effects [Cifrovye innovacii v sovremennoj ekonomike: sfery vnedreniya i effekty]. *Vestnik Instituta ekonomiki Rossijskoj akademii nauk = Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences,* no. 2, pp. 137–146.

Merzlov, I.Yu., Shilova, E.V., Sannikova, E.A. and Sedinin, M.A. (2020). A comprehensive methodology for assessing the level of digitalization of organizations [Kompleksnaya metodika ocenki urovnya cifrovizacii organizacij]. *Ekonomika, predprinimatelstvo i pravo = Economics, entrepreneurship and law*, vol. 10, no. 9, pp. 2379–2396.

Movsesyan, A.B. and Raspopin, E.I. (2023). Methodology for Evaluating State Organization Readiness for Digital Transformation Based on Movsesyan-Raspopin's Digital Maturity Model [Metodika ocenki gotovnosti gosudarstvennoj organizacii k cifrovoj transformacii na osnove modeli cifrovoj zrelosti Movsesyana-Raspopina]. *Issledovaniya v cifrovoj ekonomike = Journal of Digital Economy Research*. vol. 1, no. 2, pp. 75–111. DOI : 10.24833/14511791-2023-2-75-111.

Nekhorosheva, L.N. (2022). Digital transformation of the economy: a new technological paradigm and promising directions for the development of economic systems at various levels [Cifrovaya transformaciya ekonomiki: novaya tehnologicheskaya paradigma i perspektivnye napravleniya razvitiya ekonomicheskih sistem razlichnogo urovnya]. *Belorusskij ekonomicheskij zhurnal = Belarusian Economic Journal*, vol. 1, pp. 97–115. DOI: 10.46782/1818-4510-2022-1-97-115.

Prudnikova, L.V. and Zhiganova, T.V. (2016). A comprehensive methodology for analyzing and evaluating the innovative and technological level of development of a commercial organization [Kompleksnaya metodika analiza i ocenki innovacionno-tehnologicheskogo urovnya razvitiya kommercheskoj organizacii]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta = Vestnik of the Vitebsk State Technological University*, vol. 1, no. 30, pp. 173–187.

Prudnikova, L.V. and Zhiganova, T.V. (2019). Methodological tools for analyzing and evaluating the innovative and technological level of an organization's development [Metodicheskij instrumentarij analiza i ocenki innovacionno-tehnologicheskogo urovnya razvitiya organizacii]. *Innovacionnye tehnologii v tekstilnoj i legkoj promyshlennosti. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii, Vitebsk = Innovative technologies in the textile and light industry. Materials of the International Scientific and Technical Conference*, pp. 369–372.

Prudnikova, L.V. and Rusetskaya, L.S. (2015). Evaluation of the innovative activity of a commercial organization [Ocenka innovacionnoj deyatelnosti kommercheskoj organizacii]. *Gomelskij gosudarstvennyj universitet imeni F. Skoriny = Gomel State University named after F. Scores,* pp. 200–202.

Razinkina, I.V. and Lazarev, N.V. (2020). Innovative activity in the digital economy [Innovacionnaya deyatelnost v usloviyah cifrovoj ekonomiki]. *Kreativnaya ekonomika = Creative economy,* vol. 14, no. 11, pp. 2757-2772. DOI: 10.18334/ce.14.11.111081.

Safronov, A.D. (2017). Driving forces and incentives for companies to innovate [Dvizhushie sily i stimuly innovacionnoj deyatelnosti kompanij]. *Rossijskoe predprinimatelstvo = Russian entrepreneurship*, vol. 18, no 17, pp. 2473–2480. DOI: 10.18334/rp.18.17.38274.

Trifilova, A.A. and Oleinik-Garbuz, Yu.A. (2012). Open innovation and development of key functional areas of the company's innovation management [Otkrytye innovacii i razvitie klyuchevyh funkcionalnyh oblastej upravleniya innovacionnoj deyatelnostyu kompanii]. *Innovacii = Innovations*, no. 3, pp. 90–100.

Schumpeter, J. (1982). *Teoriya ekonomicheskogo razvitiya* [Theory of economic development]. Moscow : Progress, Russian Federation.

Yanchenko, E.V. (2023). Innovative activity of enterprises in the context of digitalization of the economy [Innovacionnaya deyatelnost predpriyatij v usloviyah cifrovizacii ekonomiki]. *Informatizaciya v cifrovoj ekonomike = Informatization in the digital economy*, vol. 4, no. 3, pp. 225–242. DOI: 10.18334/ide.4.3.118950.

Yashin, S.N., Ambartsumyan, A.E. and Lapshina, E.N. (2018). Integrated assessment of the innovative development of an enterprise as a basis for management decision-making [Integralnaya ocenka innovacionnogo razvitiya predpriyatiya kak osnova prinyatiya upravlencheskih reshenij]. *Kreativnaya ekonomika = Creative economy*, vol. 12, no. 2, pp. 167–176. DOI: 10.18334/ce.12.2.38813.

OECD/Eurostat (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition*, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, URL: https://doi.org/10.1787/9789264304604-en, (Accessed: 09.02.2024).

Информация об авторах | Information about the authors

Прудникова Людмила Викторовна
Старший преподаватель кафедры «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: Prudnikova70@yandex.ru

Жиганова Татьяна Викторовна
Старший преподаватель кафедры «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: Tanusha-10889@rambler.ru

Liudmila V. Prudnikava
Senior Lecturer at the Department "Economics and E-business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: Prudnikova70@yandex.ru

Tatsiana V. Zhyhanava
Senior Lecturer at the Department "Economics and E-business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: Tanusha-10889@rambler.ru

УДК 334.021 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-1-158-174

Создание конкурентного преимущества продуктов за счет дизайнерских решений и защиты интеллектуальной собственности

Л.В. Гринцевич *Белорусский национальный технический университет,*
Л.М. Булло *Республика Беларусь*

Аннотация. В современной экономике дизайн все чаще становится одним из основных факторов при разработке бизнес-моделей и запуске инновационных продуктов на рынок. Дизайн актуален как для материальных, так и для нематериальных продуктов, являясь средством коммуникации между потребителями и продуктами. Сферы применения дизайна постоянно расширяются, а мировые тенденции внедрения принципов дизайна на предприятиях показывают хороший экономический эффект. Цель исследования – систематизация знаний о способах внедрения и коммерциализации дизайнерских разработок на предприятиях и организациях Республики Беларусь для повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. В статье доказано влияние дизайн-проектирования на конкурентоспособность продуктов, организацию процессов и коммуникаций на предприятиях; приведен анализ видов дизайн-разработок на этапах жизненного цикла продукта; рассмотрены организационные варианты внедрения дизайна в проектную деятельность предприятий. Значимость дизайна в оценке конкурентоспособности товаров и услуг ставит вопросы защиты интеллектуальной собственности на дизайн-решения. В статье проведен анализ методов защиты и передачи прав интеллектуальной собственности, которые расширяют возможности взаимодействия организаций и дизайнерского сообщества. В заключении предложены меры, которые будут способствовать ускорению и развитию коммуникаций в области дизайна, воплощению в жизнь новых дизайн-разработок, материальному и моральному стимулированию деятельности дизайнеров.
Ключевые слова: дизайн, конкурентоспособность продуктов, защита интеллектуальной собственности в сфере дизайна.
Информация о статье: поступила 13 февраля 2023 года.

Creating a competitive advantage of products through design solutions and protection of intellectual property

Liubou V. Grintsevich *Belarusian National Technical University,*
Lada M. Bullo *Republic of Belarus*

Abstract. In today's economy, design is increasingly becoming a key factor in developing business models and launching innovative products to market. Design is relevant for both tangible and intangible products, serving as a means of communication between consumers and products. The scope of application of design is constantly expanding, and global trends in the implementation of design principles in enterprises show a positive impact on economic growth. The purpose of the research is to systematize knowledge about methods of implementation and commercialization of design innovations at enterprises and organizations in Belarus, with the goal to enhance the competitiveness of manufactured products. The article proves the influence of design on the competitiveness of products, the organization of processes and communications in enterprises. It provides an analysis of the types of design developments at the stages of the product life cycle and considers organizational options for integrating design into the design activities of enterprises. The importance of design in assessing the competitiveness of goods and services necessitates the consideration of intellectual property protection for design solutions. The article analyzes methods for protecting and transferring intellectual property rights, thereby expanding the possibilities of interaction between organizations and the design community. In conclusion, the article proposes measures that will contribute to the acceleration and development of design-related communications, the implementation of new design developments, and material and moral stimulation of the activities of designers.

Keywords: design, product competitiveness, protection of intellectual property in the field of design.
Article info: received February 13, 2023.

Введение

Конкурентный анализ помогает предпринимателям преобразовывать свои бизнес-идеи в преимущества продукта и выявлять потенциальных клиентов. Дизайн, как процесс проектирования эстетических и эргономических свойств продуктов и результат этой деятельности, является одним из факторов конкурентоспособности продуктов на рынке. Внедряя инновационные элементы дизайна, компании могут выделить свою продукцию среди конкурентов и повысить свои шансы на успех. Понимая целевой рынок и определяя его потребности, дизайнеры могут концептуализировать идею, отвечающую этим требованиям, и создать изделие, которое привлекает и удерживает клиентов. Дизайн продукта также играет важную роль в создании положительного пользовательского опыта и повышении удовлетворенности клиентов. Роль дизайнера имеет решающее значение в структурировании и продумывании беспрепятственных и приятных поисковых и пользовательских путей клиента. Дизайн формирует мнение потребителей о продукте, превращаясь в инструмент дифференциации и узнаваемости его на рынке за счет общей дизайнерской концепции линейки продукции. Например, особенностью дизайна смартфонов Xiaomi является наличие дополнительного дисплея рядом с модулем тыльной камеры, а Apple имеет небольшое дизайнерское отличие – выделение рамкой камеры на передней панели. Узнаваемый дизайн может оттеснить традиционный маркетинг на второй план в случае соблюдения стандартов качества, которые зачастую унифицированы.

Выстраивание положительного пользовательского опыта от использования продуктов (физических и цифровых), ориентированного на целевых клиентов, играет ключевую роль в обеспечении удовлетворенности пользователей и повышении общего успеха продукта. Хорошо продуманный продукт может привлечь больше клиентов, создать лояльность к бренду и увеличить продажи. С другой стороны, плохо разработанный, неудобный в использовании продукт может привести к негативным отзывам, низким продажам и испорченной репутации. Поэтому компании должны оценивать влияние дизайна своего продукта на его конкурентоспособность. Эта оценка должна включать такие факторы, как функциональность, эргономику, удобство использования, эстетику и инновации. Роль дизайна в формировании конкурентоспособности продуктов и доходов предприятий не вызывает сомнений, поэтому результаты исследований авторов данной статьи актуальны и могут иметь существенную и практическую значимость.

Исследователи влияния дизайна на результаты деятельности предприятия работают в следующих направлениях: оценивают роль дизайна в формировании конкурентоспособности продукции в физическом ее понимании (Спасская, 2023; Усатая и др., 2021) и цифровых продуктов (Алипатова и Свищев, 2023; Терехова, Цибизова и Халуторных, 2020) графического дизайна на конкурентоспособность бизнеса за счет передачи ценности компании и эмоционального влияния на аудиторию (Карпенцев, Иваев и Никульников, 2023), рассматривают проблемы защиты интеллектуальной собственности в сфере проектирования продуктов (Mun Hwang & Han, 2009) и проблемы обеспечения безопасности интеллектуальной собственности при различных формах сотрудничества в процессе проектирования (Li & Mirhosseini, 2012).

Кроме промышленного дизайна, создающего эстетику и эргономику промышленных продуктов, предприятия и организации активно использую другие направления дизайна в своей деятельности. Коммуникационный дизайн (брендинг, реклама, UI и web-дизайн) призван заинтересовывать потребителя, информировать об инновациях или улучшении потребительских свойств товара. Дизайнер способен манипулировать вниманием потенциальных клиентов. Если компания выпускает линейку товаров, то фирменный дизайн упаковки разных продуктов, объединяющий визуальную концепцию, помогает потребителю идентифицировать бренд, повышает вероятность того, что продукт запомнят и купят товар данного бренда снова. Экспозиционный дизайн на выставках и в местах продаж позволяет потребителю ориентироваться среди множества производителей-конкурентов. Участие компаний в выставках чаще всего имеет целью не только демонстрацию продуктовых новинок, но и расширение рынков сбыта. Экспозиционные приемы, правильная подача бренда и самого товара помогает развивать дистрибьютерские и дилерские сети.

Франчайзинг может быть дополнительным доходом организации. Графический дизайн активно используется как для разработки фирменного стиля и представительских материалов, так и для создания сайтов, приложений, игр и т. п. Компания, затратившая средства на дизайн-разработки вправе продавать рекламные представительские материалы своим франчайзи. В свою очередь представители компаний экономят время и трудовые ресурсы на дизайн-разработки экспозиционных материалов. Дизайн интерьера магазинов, шоу-румов и офисов продаж всегда является сильным инструментом воздействия на потребителя. Грамотный интерьер привлекает покупателей, погружает в историю бренда, выделяет бизнес на фоне конкурентов и способствует увеличению продаж. Реализация франшизы бренда может предполагать продажу фирменного оборудования и POS материалов, или рекомендации типового решения торговых и офисных площадей, описанных и продемонстрированных в брендбуке. В случае франчайзинга, для региональных и иностранных представителей могут предлагаться готовые сайты с готовыми каталогами товаров и возможностью языковой адаптации.

Тщательная оценка дизайна продукта и его влияние на конкурентоспособность, в конечном счёте, может помочь компаниям принимать обоснованные решения о разработке продукта и позиционировании его на рынке. В сегодняшней быстро меняющейся бизнес-среде компании должны постоянно внедрять инновации и дифференцировать себя от конкурентов, чтобы оставаться впереди. Именно поэтому создание конкурентоспособного дизайна важно для привлечения и удержания клиентов.

Однако даже самый хороший дизайн недостаточен для создания конкурентного преимущества. Дизайн-решение является объектом интеллектуальной собственности и его необходимо защищать от копирования и других интерпретаций.

Таким образом все виды дизайна в целом с одной стороны увеличивают затраты производителя, с другой стороны способствуют расширению бизнеса и стимулируют спрос, улучшают сервис для конечных пользователей. Современные инструменты онлайн продаж позволяют дать оценку влияния дизайна на спрос и ценообразование, позволяют вычислить KPI дизайн-мероприятий с помощью встроенных инструментов анализа уже осуществленных продаж на таких площадках, как Wildberries, Ozon, Яндекс-маркет и прочих, а также проанализировать запросы потребителей. Дизайн является одним из важных компонентов стратегического менеджмента в части позиционирования компании на рынке, управления ресурсами организации с учетом отраслевой конкурентной среды.

Методы и средства исследований. Авторы выдвигают следующие вопросы для проведения исследований влияния дизайна на конкурентоспособность:

1. Дизайн является перспективной сферой промышленного развития и его влияние на конкурентные позиции предприятий и конкурентоспособность предприятий будет усиливаться в ближайшие годы. Для подтверждения данной гипотезы будут проанализированы данные мировых источников о развитии дизайнерской деятельности и ее влияние на доходы предприятий.

2. Управление проектами разработки, производства и продвижения новых продуктов требует участия дизайнеров на всех стадиях проекта. Для проверки этой гипотезы будут рассмотрены этапы жизненного цикла продукта и определены работы на каждом этапе, требующие дизайнерских разработок.

3. Усилению конкурентоспособности отечественной продукции будет способствовать налаживание тесных разносторонних связей с дизайнерским сообществом и применение проектного подхода и дизайн-проектирования при создании изделий. С целью разработки рекомендаций в области взаимодействия дизайна и производства продуктов (физических и цифровых) будет проведено исследование дизайнерского сообщества Беларуси, а также возможностей кооперирования различных дизайнерских структур с предприятиями.

4. Разнообразие форм участия дизайнеров в проектировании изделий и их сопровождении на всех этапах жизненного цикла продуктов поднимают проблемы охраны, защиты и передачи объектов интеллектуальной собственности, которыми выступают дизайнерские разработки. Анализ нормативно-правовой документации и институциональной среды позволит систематизировать методы защиты и продвижения дизайнерских решений как объектов интеллектуальной и промышленной собственности.

Результаты исследований

Влияние дизайна на конкурентоспособность продуктов и эффективность деятельности предприятий

Мировой опыт показывает, что внедрение принципов дизайна в стратегию развития предприятия имеет хороший экономический эффект. Исследование, проведен-

ное Design Innovation Group (Великобритания), показало, что 90 % дизайнерских проектов являются прибыльными, а средний срок возврата капиталовложений составляет в среднем 15 месяцев с момента выхода новой продукции на рынок (Седых, 2017). Design Management Institute (DMI) проводит исследования года влияния дизайна на прибыльность компаний с 2013. Согласно исследованиям DMI за последние 10 лет «компании, возглавляемые дизайном, сохранили значительное преимущество на фондовом рынке, опередив S&P на 211 %»[1]. По прогнозу Design Council – Совета по дизайну Соединенного Королевства – доход от дизайнерской деятельности к 2024 году вырастет до 12,1 млрд фунтов стерлингов. На каждые 100 фунтов стерлингов, которые компании тратят на дизайн, оборот увеличивается на 225 фунтов стерлингов, а прибыль увеличивается на 83 фунта стерлингов. Кроме этого, о важности дизайна говорят следующие заключения отчета[2]:

1. В компаниях, где дизайн является неотъемлемой частью деятельности, более 75 % руководителей утверждают, что благодаря дизайну они повысили свою конкурентоспособность и оборот.

2. 77 % промышленников видят прямую связь между дизайном и прибыльностью.

3. Компании, которые рассматривают дизайн как неотъемлемую часть, в основном не конкурируют по цене с другими.

4. Акции компаний, ориентированных на дизайн, превосходят ключевые фондовые индексы на 200 %.

5. Почти половина всех британских компаний считает, что за последнее десятилетие дизайн стал более важным, помогая им поддерживать конкурентные преимущества.

6. Компании, в которых дизайн является неотъемлемой частью деятельности, в два раза чаще разрабатывают новые продукты и услуги.

7. В среднем, компании, ориентированные на дизайн, увеличивают свою долю рынка на 6,3 % за счет его внедрения.

8. Рост оборота более вероятен для предприятий, которые увеличивают свои инвестиции в дизайн. И наоборот, те, кто сократил инвестиции, сократили свои шансы на рост.

9. Две трети британских компаний считают, что дизайн является неотъемлемой частью будущих экономических показателей.

10. Компании, которые повышают ценность бизнеса благодаря дизайну, замечают большее влияние на эффективность бизнеса, чем все остальные.

11. За последние три года 63 % компаний, занимающихся дизайном, инвестировали в дизайн больше, чем раньше.

Выводы международной организации в области исследования рынков Mordor Intelligence показали, что промышленный дизайн сейчас становится очень важным элементом интеллектуальной части добавленной стоимости: «Используя дизайн, страна с малым уровнем заработной платы может стать конкурентоспособной, страны со средним заработком, даже развитые страны могут развивать промышленность, несмотря на высокие издержки, за счет как раз этой интеллектуальной части добавленной стоимости, где промышленный дизайн играет большую роль»[3].

Согласно исследованию «Емкость рынка и система квалификации дизайна в России и в мире», инициированного Национальным институтом дизайна и Союзом дизайнеров России, лидирующие экономики мира, как минимум последние 15–30 лет, уже воспринимают дизайн как методологию отраслевого управления либо как стратегию развития индустрии, что выражается в законодательной поддержке; финансовом стимулировании бизнеса и льготах, а также различных грантах и премиях; «пропаганде» и просветительской деятельности как для производителей товаров и услуг, так и для непосредственных потребителей, путем создания специализированных музеев, проведения деловых и развлекательных событий, фестивалей и пр. Российские аналитики спрогнозировали рост рынка дизайна в России (таблица 1).

[1] Ценность дизайна, https://www.dmi.org/page/DesignValue/The-Value-of-Design-.htm

[2] Design Economy. People, Places and Economic Value, https://www.designcouncil.org.uk/fileadmin/uploads/dc/Documents/Design_Economy_2022_Full_Report.pdf

[3] Interior design software market – growth, trends, impact of Covid-19 and forecasts (2023-2028), https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/interior-design-software-market

Таблица 1 – Текущий и потенциальный объем рынка дизайна по сегментам в Российской Федерации в 2018–2025 годах[4]

Table 1 – Current and potential volume of the design market by segment in the Russian Federation 2018–2025

Сегмент рынка	Текущий объем, млрд рос. руб.	Потенциальный объем, млрд рос. руб.	Прирост
Промышленный дизайн и инжиниринг	900	1200	33 %
Коммуникативный дизайн	92	131,42	43 %
Дизайн текстиля, fashion, легкая промышленность	100	218,86	119 %
Интерьерный дизайн	73,8	527,86	615 %
Средовой дизайн	43,45	102,45	136 %
Концептуальный дизайн	29,95	77,86	160 %
Всего	1239,2	2258,45	82 %

Как видно из таблицы наибольший рост предполагается в сегменте интерьерного дизайна. Выводы российских аналитиков подтверждаются исследованиями агентства Mordor Intelligence, посвященного рыночным тенденциям, росту и предполагаемому количеству рынка, сегментированного по секторам конечных пользователей, по географии, охватывающей Северную Америку, Европу, Азиатско-Тихоокеанский регион, Латинскую Америку, Ближний Восток и Африку. Прогнозируемый рост рынка программного обеспечения для дизайна интерьера в среднем 9,07 % в год в период с 2021 по 2026 годы. Объем рынка программного обеспечения для дизайна интерьера может вырасти с 5,5 млрд долларов США в 2023 году до 9,46 млрд долларов США к 2028 году, увеличиваясь в среднем на 11,44 % в течение прогнозируемого периода. Это свидетельствует о возрастающей роли дизайна как в частной жизни, так и в промышленном производстве. Ожидается, что жилой сектор будет иметь самые высокие темпы роста в течение прогнозируемого периода из-за роста населения и растущего спроса на приятное и комфортное жилое пространство. Так же рынок дизайна может стать активным потребителем инновационных технологий. Компании, занимающиеся дизайном интерьеров и экстерьеров, используют дополненную и виртуальную реальность, облачные вычисления и 3D-технологии, чтобы удовлетворить растущий спрос.

Применение принципов дизайна также влияет на бизнес-процессы компании и социальную сферу. Важнейшие выводы, которые можно сделать из Отчета о визуальной экономике[5] компании Canva, в котором приняли участие 1600 руководителей бизнеса из США, Великобритании и Австралии – это:

1. Визуальное представление информации повышает эффективность индивидуальной и совместной работы. Почти все бизнес-руководители согласны с тем, что визуальные методы представления информации повышают эффективность работы (90 %), улучшают совместную работу (89 %) и более убедительны (85 %), чем другие методы представления информации.

2. Визуальное представление информации ускоряет циклы продаж, так как положительно влияет на связь между работающими удаленно или в гибридном режиме членами коллективов, как считают 89 % бизнес-руководителей. Большинство бизнес-руководителей (85 %) согласны с утверждением о том, что визуальный контент приводит к более высокой восприимчивости потенциальных клиентов, сохраняющих заинтересованность на протяжении всего процесса продажи.

[4] Составлено по публичной версии отчета "Емкость рынка и система квалификаций дизайна в России и в мире", https://nid-design.org/doc/news/NID_SDR_SI_Publichnaya%20versiya%20otcheta_Emkost'%20rynka%20i%.pdf

[5] The Visual Economy Report 2023, https://canvavisualeconomy.com/?utm_medium=pr&utm_source=release&utm_campaign=2023_visualeconomy

3. Знание основ дизайна стало обязательным требованием для большинства должностей. Больше половины бизнес-руководителей (61 %) говорят, что от сотрудников, даже не связанных с дизайном, требуется умение создавать убедительные визуальные материалы и презентации, а также умение с легкостью редактировать материалы, созданные другими. В результате около двух третей (63 %) проводят обучение сотрудников, должности которых не связаны с графическим дизайном.

4. Предприятиям требуется более качественный визуальный контент. Почти две трети бизнес-руководителей (64 %) говорят, что у их компаний нет оптимизированной программной платформы для визуального дизайна, и более половины согласны с тем, что их контент недостаточно эстетически привлекательный (53 %) и последовательный (56 %).

5. Поколение Z приносит дизайн на рабочие места, 93 % представителей данного поколения считают, что визуальное представление информации помогает им лучше выражать свои мысли.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что рынок дизайнерских услуг расширяется и потребность предприятий во взаимодействии с дизайнерским сообществом растет, в том числе и в Республике Беларусь. С учетом возможности дистанционной работы дизайнеров и развития коммуникационных платформ рынок дизайн-услуг становится глобальным.

Роль дизайн-проектирования на этапах жизненного цикла продукции для повышения его конкурентоспособности

Запуск любого нового продукта на рынок проходит определенные стадии: инициирование, разработка концепта (дизайн проектирование), согласование с инвесторами и стейкхолдерами, технологическая проработка (прототипирование), производство промышленных образцов, брендирование, экспонирование, производство серии, продвижение и продажи.

Управление проектом осуществляет продукт-менеджер, под контролем которого может находиться временная организационная структура из специалистов, перечисленных в таблице 2.

Проектный подход предполагает четыре этапа: инициация, планирование, выполнение и завершение (по PMBOK). Кто может инициировать запуск нового продукта на промышленном предприятии, которое специализируется на одном типе продукции и имеет определенные технологические возможности? Конструкторские отделы промышленного предприятия чаще занимаются рестайлингом и техническим усовершенствованием уже существующего продукта, и это относится не к проектам полного цикла, а к операционной деятельности. Сотрудники предприятия не мотивированы разрабатывать непрофильный для предприятия продукт, тогда как продуктовая компания и независимый продукт-менеджер может разработать проект запуска на рынок нового продукта, соединив возможности разных предприятий. Например, в Беларуси практически не выпускается бытовая техника для садоводства (косилки, тримеры, мини-культиваторы и пр.), при этом есть множество предприятий по изготовлению промышленных сельскохозяйственных машин. Авторы считают, что у белорусских предприятий есть потенциал для выпуска различных потребительских товаров, востребованных как на внутреннем, так и на внешних рынках. Садоводческих товариществ и коттеджных поселков много, значит потребители есть. Механизм такого изделия может разработать любое из предприятий производящее сельскохозяйственную технику (ОАО «УКХ «БобруйскАгромаш», ОАО «АМКОДОР» и др.), но корпуса промышленных машин они производят из импортного российского металла, а вот недорогой пластиковый или стеклопластиковый корпус скорее может изготовить ОАО «Завод Белпласт». Бытовая строительно-ремонтная техника (перфораторы, шуруповерты, углошлифовальные и плоскошлифовальные машинки, лобзики, цепочные и дисковые пилы и пр.) есть почти в каждом доме, однако не отечественного производства. Так же хотелось бы видеть кухонную бытовую технику отечественного производства. В Беларуси производятся холодильники и стиральные машины (торговая марка «Атлант»), газовые и электрические плиты, посудомоечные машины (торговая марка «Гефест»), климатическое оборудование (Завод «Теплопитбел» – конвекторы и обогреватели, НТП «Белкотломаш» – котлы, ЧПУП Завод электроники и бытовой техники «Горизонт» – кондиционеры). Однако, в рамках импортозамещения можно производить множество бытовой техники: мультиварки, мясорубки, соковыжималки, тостеры, миксеры, вафельницы, электрочайники, утюги, роботы-пылесосы, вытяжки, увлажнители воздуха, фильтры и смесители для воды собственной разработки, а не лицензионной. Это касается и других товаров народного потребления. У нас не производятся бытовые светильники (люстры, бра, торшеры), фурнитура для корпусной и мягкой мебели (опоры, дверные ручки, механизмы трансформа-

Таблица 2 – Стадии вывода нового продукта на рынок (продукт менеджмент)

Table 2 – Stages of introducing a new product to the market (product management)

Этапы жизненного цикла продукта			
Разработка концепта и промышленного образца	Брендирование	Экспонирование	Продвижение и продажи
Вид дизайна			
Промышленный и экологический дизайн, концептуальный дизайн	Графический дизайн, средовой дизайн	Экспозиционный дизайн, средовой дизайн	Веб дизайн, медиа дизайн (социальные сети и видеопродакшн)
Необходимые специалисты			
3D моделлер, 3D визуализатор, графический дизайнер, инженер-конструктор, UX и UI-дизайнер	Графический дизайнер, маркетолог	3D моделлер, 3D визуализатор, графический дизайнер, PR-менеджер, Event-менеджер, специалист по наружной рекламе	Маркетолог UX и UI дизайнер, 3D моделлер, 3D визуализатор, графический дизайнер, SMM специалист
Описание процессов			
Разработка функциональных особенностей, качеств и внешнего вида изделий и пользовательских интерфейсов (при их наличии). Проектирование изделий из экологически безвредных материалов и вторичных ресурсов, с учетом простоты и безопасности их утилизации	Проектирование и создание благоприятной, визуальной коммуникационной обстановки – создание фирменного стиля, брендирование, дизайн упаковки	Представление продукта потенциальным клиентам на выставках и развитие дистрибьютерских и дилерских сетей	SMM маркетинг для привлечения и удержания целевой аудитории, таргетирование, продажи на маркетплейсах, в социальных сетях и выявления конверсии в CRM системах. Офлайн представление и продажи продукции в шоу-румах и фирменных магазинах по образцам, каталогам с консолидированных складов
Виды дизайн-проектов			
Разработка концепта продукта, макета, итераций, прототипа, промышленного образца	Разработка фирменной атрибутики и создание брендбука (рекомендаций по использованию фирменного стиля компании и торговой марки)	Дизайн выставочных павильонов, оборудования стендов, брендированного торгового оборудования, образцов продукции, POS материалов, оформление рекламных и информационных материалов, разработка печатной и сувенирной продукции, наружная реклама	Разработка онлайн офлайн каталогов продукции, акционных материалов. Разработка карточек товаров для маркетплэйсов (Azon, Wildberries и др). Посты, видео и аудио ролики для представления в социальных сетях (Instagram, ВКонтакте, Facebook). Видеоролики для видеохостингов (YouTube, TikTok, Dailymotion. Vimeo, Яндекс видео), ролики теле-рекламы

Источник: разработано авторами.

ции), но такой товар очень востребован. Инициатором производства такого рода продукции может стать как менеджмент конкретного предприятия, так и менеджер-дизайнер продуктовой компании, который может вести инновационный проект, организовывая процессы на разных предприятиях.

Анализ дизайнерского сообщества в Беларуси и возможности коммуникаций с заказчиками дизайнерских разработок

Дизайнеры Беларуси организовываются в сообщества по направлениям и специализации дизайн-разработок. Лидеров дизайна частных и общественных интерьеров, а так же предметных дизайнеров Беларуси объединяет сообщество и одноименный сайт obstanovka.by. В Беларуси фиксируется рост спроса на дизайн-проекты домов и интерьеров квартир, арендного жилья с обстановкой, проектирования и строительства модульных домов. Например, популярная архитектурная студия Zrobim architects создала не только узнаваемый бренд и стиль архитектуры, но и решает проблему доступности индивидуального дизайна через предложение самостоятельно собрать свой дизайн дома из модулей с возможностью дальнейшей трансформации и наращивания. Дизайн и деятельность дизайнера всегда направлена на решение проблем пользователя, в отличие от промышленника, который бывает оторван от конечного потребителя и больше ориентирован на регламент затрат и отработанную технологию производства.

В 2017 году создана Ассоциация дизайнеров интерьера и предметно-пространственной среды, которая призвана содействовать развитию и совершенствованию сферы дизайн-проектирования, созданию и принятию норм, правил и стандартов в дизайн-проектировании, установлению этических норм профессионального поведения, юридической защите дизайнеров[6,7].

Промышленный дизайн, как и графический в Беларуси достаточно молод и не имеет специального сообщества, кроме общего для всех Белорусского Союза дизайнеров. Независимых бюро промышленного дизайна, вне конструкторских отделов предприятий, единицы. В 2024 году исполняется 5 лет известному бюро промышленного дизайна «D3», разрабатывающему дизайн и инжиниринг колесного оборудования[8]. В сфере fashion-дизайна есть Карта дизайнеров, расположенная на сайте журнала «Fashion Collection.by», занимающихся модной индустрией. Однако поиск в Карте осуществляется в алфавитном порядке по фамилии дизайнера, а не по портфолио, что может явиться препятствием для размещения поиска необходимого дизайна.

Многие высшие учебные заведения Беларуси готовят специалистов дизайнерского профиля, необходимых для развития отраслей страны. Кафедра промышленного дизайна Белорусской государственной академии искусств выпускает специалистов с профилизацией «Дизайн средств производства и транспорта», «Дизайн изделий бытового потребления», «Дизайн мебели». Факультет химической технологии и техники Белорусского государственного технологического университета так же выпускает промышленных дизайнеров. Будущие графические дизайнеры, дизайнеры предметно-пространственной среды, дизайнеры костюма и текстиля обучаются в Белорусском государственном университете и Витебском государственном технологическом университете. Белорусский национальный технический университет обучает студентов по специальностям «Промышленный дизайн и упаковка» (факультет технологий управления и гуманитаризации), автотракторный факультет готовит промышленных дизайнеров транспортных средств, а факультет маркетинга, менеджмента, предпринимательства – специалистов по управлению дизайн-проектами.

Однако, судя по отсутствию вакансий на крупных онлайн площадках работодателей, таких как rabota.by, востребованность в промышленных дизайнерах на предприятиях и организациях мала (Кротова, Ильчук, 2023). Основная причина низкой востребованности в дизайнерах на предприятиях – отсутствие проектного подхода к запуску продукта на рынок и методики управления дизайн-проектами на промышленном предприятии на всех этапах жизненного цикла продукта: от исследований потребностей целевой аудитории, разработки и создания продукта, до его производства, продвижения и реализации, а так же снятия с производства устарев-

[6] Белорусские дизайнеры создают свою ассоциацию – хотят повлиять на законодательство и улучшить имидж профессии, https://realt.by/news/article/20201/

[7] Ассоциация дизайнеров интерьера и предметно-пространственной среды, УНП 192979422, https://bizinspect.by/inst/5c1fc74037b6871c5c30d32af

[8] Бюро промышленного дизайна D3, https://www.d3design.by/

ших продуктов и разработки новых. Таким комплексным проектным подходом владеет продукт-менеджер, менеджер-дизайнер, специалист по управлению проектами в сфере дизайна. Специалистов по управлению дизайн-проектами на промышленном предприятии выпускает факультет маркетинга, менеджмента и предпринимательства БНТУ.

Не все предприятия могут позволить себе содержать дизайнерские подразделения, на отдельные виды работ могут привлекаться дизайнеры со стороны, поэтому необходимо рассмотреть варианты взаимодействия предприятий с дизайнерскими сообществами. Дизайнеры могут работать не только в подразделениях организаций, но и как индивидуальные предприниматели или в специализированных студиях. Существуют разные способы сотрудничества предприятий с частными дизайнерами различных специализаций, специальными дизайн-студиями и универсальными продуктовыми компаниями. Предприятие может иметь собственный дизайн отдел, отдавать работы на аутсорсинг частным дизайнерам и студиям или обращаться в продуктовые компании.

Преимущество работы с частными дизайнерами – это их мобильность и малозатратность для предприятия, а недостатками могут явиться отсутствие гарантий экспертности в определенной области дизайна и большие сроки выполнения проекта. Предприятию, нанимающему дизайнера, нужно хорошо понимать на чем он специализируется: объемный дизайн изделий бытового назначения, объемный дизайн средств производства и транспорта, объемный средовой дизайн (интерьеров, экстерьеров, ландшафта, городской среды), графический дизайн в области фотографики, полиграфии, вэб-дизайн для виртуальной среды, коммуникативный дизайн и телереклама, ивент дизайн. В любом случае, о качестве услуг дизайнера всегда говорит портфолио и рекомендации клиентов. Но, как и где производственникам искать дизайнеров разных специализаций? В Беларуси, к сожалению, нет общей платформы, объединяющей дизайнеров, где можно было бы посмотреть их работы и направления деятельности. Есть только периодические издание Белорусского союза дизайнеров «Кто есть кто» и «Тутэйшы дызайн», где размещены странички с работами и контактами дизайнеров Беларуси. Есть международные площадки Behance, Pinterest, Dribbble. от компании Adobe, софтом которой пользуется огромное количество графических дизайнеров во всем мире. Сегодня на сайте behance.net регистрируются и проходят модерацию не только графические дизайнеры полиграфической и Web-сферы, но и гейм-дизайнеры, предметные дизайнеры, дизайнеры интерьеров, промышленные дизайнеры. Самая популярная в СНГ площадка 3д моделей от дизайнеров и студий для обстановки интерьеров – 3ddd.ru.

Работа с дизайн-студиями более определенная, так как у них есть четкая специализация или мультиспециализация. За разработкой промышленного продукта обращаются в студию промышленного дизайна. За созданием бренда – в брендинговое агентство. Упаковку и этикетки может сделать графический дизайнер полиграфической студии, он же может разработать дизайн представительской полиграфии (визитки, буклеты, каталоги продукции и пр.) для участия в выставках. Созданием выставочного стенда и целого павильона занимаются экспозиционные дизайнеры региональных или международных выставочных центров. Наружную рекламу, фирменное оборудование торговой сети, общепита, образовательного учреждения и других социокультурных учреждений можно доверить дизайнерам рекламно-производственных компаний или средовому дизайнеру архитектурно-интерьерных студий. Сайт, онлайн-каталоги, карточки товаров для маркетплейсов разработают дизайнеры Web-студии. Недостатком работы с дизайн-студиями может быть только отсутствие коммуникаций между всеми перечисленными выше видами работников, особенно при продвижении продукта для одной компании. Для согласования действий всех участников дизайн-проекта на этапах его жизненного цикла необходим продукт-менеджер.

Полным циклом продукт-менеджмента занимаются специальные универсальные продуктовые компании, такие как, например, белорусская компания Humathèq. Там работают различные специалисты по дизайну, инженерии, маркетингу и логистике. Они помогают создавать новые продукты: генерируют идеи, создают продуктовые концепции, разрабатывают архитектуру и дизайн продуктов, решают инженерные задачи, помогают запускать продукты на рынок, рекомендуют каналы продаж, оптимизируют логистику. Однако не для всех проектов возможно и выгодно пользоваться услугами продуктовых компаний.

Независимые дизайнеры, студии дизайна или продуктовые компании могут выступать в роли инициатора разработки и запуска новых продуктов на рынок и ста-

новиться совладельцами продукта и дохода от их реализации. В этом плане продуктовые компании наиболее эффективны.

Мотивация дизайнеров и охрана интеллектуальной собственности в сфере дизайн-проектирования

Основными мотивами для дизайнеров при разработке новых продуктов выступают:

– возможность реализовать свой продукт;

– возможность получения достойного вознаграждения за свой труд, результаты интеллектуальной и креативной деятельности.

Создание благоприятного режима охраны интеллектуальной собственности позволит стимулировать творческую активность дизайнеров, упростит выход на рынок молодых специалистов.

Комплексная оценка влияния дизайна продукта на конкурентоспособность должна учитывать как творческие, так и юридические аспекты процесса проектирования. Это включает в себя понимание законов об интеллектуальной собственности и защиту творческой работы с помощью авторских прав, патентов и товарных знаков. В разных странах существуют различия в правовом подходе к защите креативной продукции посредством авторского права. Несмотря на актуальность защиты дизайнерских разработок в современном мире, публикаций на эту тему мало. Они в основном посвящены защите решений в сфере моды (Хворостяная, 2018; Костромитина, 2018), виртуальной и дополненной реальности (Рузакова, Гринь, 2020), IT-разработкам (Кашуба, 2015), общим юридическим проблемам защиты дизайн-проектов (Гринь, 2018), сравнениям законодательств различных стран, касающихся защиты объектов интеллектуальной собственности (Василишина, 2016; Жерягин, 2017; Пономарева, Барабашев, 2020; Плис, 2020; Пирцхалава, 2018), необходимости введения общемировых законов и соглашений в области регулирования прав на объекты интеллектуальной собственности(Щербачева, 2018). Все авторы определяют защиту прав на интеллектуальную собственность как важный фактор конкурентоспособности и прибыльности бизнеса независимо от его масштабов и местонахождения. Исследователи коммерческих идей на рынках технологий (Echavarría-Arcila et al., 2023) пришли к выводу, что слабая защита или свободный доступ к интеллектуальной собственности снижает интенсивность новых идей, так как любой разработчик больше мотивирован доходом от своих разработок Пока в мире нет ни одной страны, обладающей совершенным законодательством в области защиты прав в креативной индустрии, таким образом, этот вопрос остаётся актуальным и требующим дальнейших разработок.

В нашей стране произведения декоративно-прикладного искусства и дизайна защищаются различными законодательными актами. Возможные варианты регистрации прав на объекты интеллектуальной собственности:

– авторское право, смежные права – Закон Республики Беларусь «Об авторском праве и смежных правах»[9];

– патент удостоверяет исключительное право, авторство и приоритет в соответствии с Законом Республики Беларусь «О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы»[10];

– регистрация товарного знака в соответствии с Законом Республики Беларусь «О товарных знаках и знаках обслуживания»[11];

– депонирование подтверждает факт существования результата интеллектуальной деятельности в тот или иной период времени. Депонирование не является доказательством презумпции авторства и может быть использовано только как одно из доказательств в суде наравне с другими фактами, подтверждающими авторство. Процедура депонирования не предоставляет правообладателю гарантию, что право авторства не может быть нарушено в будущем, и одновременно с этим не освобождает его и от обязанности по доказыванию наличия такого права.

– NFT (non-fungible token, невзаимозаменяемый токен) – виртуальная цифровая единица в блокчейн-сети. Чаще всего NFT встречается в виде медиаобъекта либо

[9] Закон Республики Беларусь «Об авторском праве и смежных правах» от 17 мая 2011 г. № 262-З (с изменениями и дополнениями по состоянию на 13 ноября 2023), https://etalonline.by/document/?regnum=h11100262

[10] Закон Республики Беларусь «О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы» от 16.12.2002 г. № 160-Z (с изменениями, внесенными в соответствии с Федеральным конституционным законом от 18.12.2019 г. № 275-Z), https://www.wipo.int/wipolex/ru/legislation/details/21279

[11] Закон Республики Беларусь «О товарных знаках и знаках обслуживания» от 5 февраля 1993 г. № 2181-XII (с изменениями и дополнениями по состоянию на 13 ноября 2023), https://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=18611

цифрового сертификата, удостоверяющие право собственности владельца интеллектуальной собственности (Ходова, Дзюбанова, 2022). Белорусское законодательство на текущий момент времени не предусматривает такого варианта защиты и передачи права интеллектуальной собственности.

Защита прав интеллектуальной собственности на дизайн-проекты имеет решающее значение для предотвращения копирования или кражи дизайна конкурентами, что негативно влияет на конкурентоспособность компании. Интеллектуальная собственность в дизайн-проектах относится к законным правам, которые защищают оригинальные творения дизайнеров, такие как логотипы, графика и дизайн продуктов. Патенты, товарные знаки и авторские права не позволяют другим использовать или воспроизводить дизайн без разрешения или компенсации первоначальному создателю. Дизайнерские проекты, которые охватывают всё, от графического дизайна до дизайна продукта, считаются ценной интеллектуальной собственностью. Правовая защита означает, что дизайнеры имеют право монетизировать свою работу, продавая её на прямую или лицензируя её другим лицам для использования. Например, графический дизайнер может создать логотип для компании, а затем продать права на использование этого логотипа компании, или дизайнер продукта может придумать инновацию, а затем лицензировать патент производителю. Без защиты законов об интеллектуальной собственности у дизайнеров было бы мало стимулов для создания новых дизайнов.

Однако механизмы патентно-правовой охраны дизайнерских решений, отвечающих требованиям, установленным к промышленным образцам, неприменимы к дизайну одежды, обуви и аксессуаров, эскизов тканей и обоев ввиду достаточно длительных сроков регистрации промышленных образцов. Депонирование таких проектов не дает должной юридической защиты и не позволяет выгодно коммерциализировать дизайнерские разработки.

Возможности регистрации дизайнерских решений в различных областях как объектов интеллектуальной и промышленной собственности представлены в таблице 3 в соответствии с действующим законодательством Беларуси.

В ситуации, когда дизайн-проект был выпущен иным лицом и запатентован ранее, чем кража интеллектуальной собственности была замечена, имущественные права автора пострадают, однако он имеет возможность сообщить в правоохранительные органы о нарушении авторских прав: присвоении авторства или плагиате. В данном случае необходимо представить доказательства того, что объект дизайна является собственностью заявителя (фото-, аудио-, видеоматериалы, подтверждающие создание проекта заявителем, с датой, которая доказала бы, что данный материал был в процессе создания ранее, чем его запатентовали). Не стоит забывать про территорию действия авторских прав, поскольку механизмы соответствующей защиты будут зависеть от внутреннего законодательства конкретного государства. Патенты на полезную модель, как правило, считаются самым сильным уровнем защиты интеллектуальной собственности.

Право на получение патента может принадлежать:

– автору (соавторам) изобретения, полезной модели, промышленного образца;

– физическому или юридическому лицу, являющемуся нанимателем автора;

– физическим и (или) юридическим лицам, которым право на получение патента передано автором или нанимателем до даты регистрации изобретения, полезной модели, промышленного образца;

– правопреемнику (правопреемникам) указанных лиц.

Право на получение патента на служебные изобретение, полезную модель, промышленный образец, созданные работником, принадлежит нанимателю, если договором между ними не предусмотрено иное. Если наниматель получит патент на служебное изобретение, полезную модель, промышленный образец, работник имеет право на вознаграждение. Размер вознаграждения на некоторые объекты интеллектуальной собственности указан в Постановлении Совета Министров Республики Беларусь «О размерах авторского вознаграждения за воспроизведение произведений науки, литературы и искусства в издательской деятельности»[12].

[12] Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29 ноября 2011 года № 1610 «О минимальных ставках авторского вознаграждения и вознаграждений за отдельные работы, связанные с изданием произведений науки, литературы и искусства» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 31.08.2022 г.) https://continent-online.com/Document/?doc_id=31236379#pos=0;0

Анализ полученных результатов

Гипотеза о возрастающей роли дизайна в оценке конкурентоспособности продукции и влиянии на доходы предприятий полностью подтверждена данными из международных источников статистики и информации. Необходимо отметить, что представленные тренды актуальны и для Беларуси. Доказана необходимость дизайнерских разработок на стадиях создания идеи, проектирования, брендирования, экспонирования и продвижения продуктов (физических и цифровых), что

Таблица 3 – Возможности защиты и продвижения дизайнерских решений как объектов интеллектуальной и промышленной собственности

Table 3 – Opportunities for protecting and promoting design solutions as objects of intellectual and industrial property

Вид интеллектуальной собственности в области дизайна	Вариант регистрации ИС	Возможности ознакомления с объектами интеллектуальной собственности	Юридические формы передачи прав с возможностью продвижения и распространения
Объекты промышленной собственности			
Полезные модели	Регистрация и депонирование; Патентование в НЦИС	База данных об объектах права промышленной собственности, зарегистрированных в государственных реестрах Республики Беларусь (РБ); Биржа интеллектуальной собственности РБ; Регистрация в государственных реестрах РБ	Лицензионный договор; Договор уступки исключительного права; Договор о создании и использовании результатов интеллектуальной деятельности
Промышленный образец или группа промышленных образцов, принадлежащих к одному классу	Патентование в Национальном центре интеллектуальной собственности (НЦИС); Добровольная регистрация и депонирование		Лицензионный договор; Договор уступки исключительного права; Договор комплексной предпринимательской лицензии (франчайзинга); Служебный договор о создании и использовании результатов интеллектуальной деятельности
Товарные знаки	Регистрация в НЦИС либо в соответствии с международными соглашениями, в частности Парижской конвенцией по охране промышленной собственности, Мадридским соглашением о международной регистрации знаков и Протоколом к Мадридскому соглашению о международной регистрации знаков		Лицензионный договор о предоставлении права использования товарных знаков и знаков обслуживания; Договор уступки исключительного права; Договор о создании и использовании результатов интеллектуальной деятельности (служебный); Договор о залоге имущественных прав, удостоверяемых свидетельством на товарный знак; Договор комплексной предпринимательской лицензии (франчайзинга)

Окончание таблицы 3 – Возможности защиты и продвижения дизайнерских решений как объектов интеллектуальной и промышленной собственности

Table 3 – Opportunities for protecting and promoting design solutions as objects of intellectual and industrial property

Объекты авторского права			
Музыкальные и аудиовизуальные произведения, произведения дизайна; Произведения архитектуры; Фотографические произведения;- Компьютерные программы	Защищаются Законом об авторском праве. Возможно депонирование в УП «Белпатентсервис» Белорусской торгово-промышленной палаты или в НЦИС	Реестр компьютерных программ; Реестр баз данных; Реестр объектов авторского права; Реестр объектов смежных прав. Представление на интернет-биржах и площадках для дизайнеров российских: FL.ru; Weblancer; Пчел.net; Kwork; GOdesigner; Profi.ru; YouDo; Illustrators; Dizkon Render.ru; Freten; Хабр.Фриланс, а так же международных площадках: Fiverr; Work-zilla; Upwork; Behance; Creative Market; Big Cartel и прочие. К некоторым международным площадкам доступ может быть ограничен	Договор об управлении имущественными правами на музыкальное произведение; Договор уступки исключительного права с условиями вознаграждения или безвозмездно; Договор простой (не исключительной) лицензии с правом выдачи лицензии другим лицам; Договор исключительной лицензии (с указанием способов использования объекта авторского права и процента дохода); Договор комплексной предпринимательской лицензии (франчайзинга) на произведения дизайна
Мультимедийные системы, содержащие комбинацию текста, графики, звуко- и видеоинформации или отдельные их компоненты, а также специальное или типовое программное обеспечение, в том числе: компьютерные игры; изображения (тематические сборники фотографий, рисунков, пиктограмм и т. п.); видео- и аудиопроизведения	Государственная регистрация информационных ресурсов в Государственном регистре информационных ресурсов и информационных систем, или в НЦИС		Договор об управлении имущественными правами на мультимедийные системы, содержащие комбинацию текста, графики, звуко- и видеоинформации; Лицензионный договор на возмездной (процентной) основе; Лицензионный договор с фиксированной суммой, ограничением количества воспроизведений, обозначенной территории пользования (либо РБ по умолчанию) и сроками (либо на 3 года по умолчанию). Сублицензионный договор в письменной форме; Сублицензионный безвозмездный договор в устной форме; Договор присоединения на приобретаемый экземпляр компьютерной программы

Источник: разработано авторами на основе анализа нормативно-правовой документации Республики Беларусь.

в свою очередь вызывает необходимость более тесного контакта между производителями и разработчиками продуктов и дизайнерским сообществом. Исследование дизайнерского сообщества показало разрозненность направлений дизайна и сложность поиска необходимых дизайн-разработчиков для конкретных проектов. В статье рассмотрены возможные варианты взаимодействия предприятий с разработчиками разных видов дизайна, а так же возможности регистрации прав интеллектуальной собственности на дизайнерские разработки, их продвижение и передачу прав использования. Данное исследование выявило проблему сложности и длительности регистрации прав интеллектуальной собственности, особенно на краткосрочные дизайнерские (трендовые, модные) идеи, что снижает степень их юридической защиты и возможности коммерциализации таких разработок.

Выводы и предложения

Проведенное исследование показало, что несмотря на расширение рынка дизайн-услуг и востребованность профессионалов в сфере дизайна, и, в частности, промышленного дизайна, существует дефицит предложений на рынке труда. Существует необходимость кооперации промышленного производства и сферы дизайна, популяризация и внедрение дизайнерских разработок во все сферы промышленности, так как дизайн повышает привлекательность и конкурентоспособность продуктов. Авторы статьи считают, что для налаживания взаимовыгодного сотрудничества промышленных предприятий, бизнеса и дизайн-индустрии необходимо:

– создание единой отраслевой онлайн площадки индустрии дизайна Беларуси для развития новых форматов взаимодействия с бизнесом, привлечения инвестиций и правовой поддержки с базой по специализациям: брендинг, студии промышленного дизайна, продуктовые компании, web-студии, seo-компании, мобильные разработчики, контекстная реклама, таргетированная реклама, SMM, реклама на интернет-площадках, CRM, маркетинг-проекты, тексты, видео, фото, программное обеспечение, корпоративные решения, IT-инфраструктура и хостинг (на подобие российской платформы www.cmsmagazine.ru/agencies);

– создание всебелорусской библиотеки инновационных материалов и технологий в области дизайна (подобной международной площадке Material ConneXion);

– формирование особых зон в технополисах и технопарках (beldesignfield) для ведущих дизайнерских производств и компаний технокрафта; локализация высокой креативной индустрии, создающих не только продукты, но и технологическую оснастку;

– создание Ассоциации специалистов предметного дизайна Беларуси. Сообщество интерьерных дизайнеров существует с интернет ресурсом obstanovka.by, Белорусский союз дизайнеров – универсален, но имеет приоритет графического дизайна, IT-сфера и web-дизайн может сотрудничать с ПВТ, а у промышленных дизайнеров нет сообщества и своей площадки по обмену опытом, представлению своих работ и по предложению о сотрудничестве с производствами;

– разработка законодательной базы в области дизайна для взаимодействия промышленных предприятий и предметных дизайнеров с возможностью патентования промышленных образцов, не только как служебных;

– введение белорусской системы микрогрантов по примеру Сколково, когда любой малый и средний производитель, инициирующий разработку и производство нового продукта, получает услуги промышленного дизайна за счет финансирования профессиональных исполнителей со стороны государства. Выбор специалистов могут обеспечивать профильные органы (созданная Ассоциация предметных дизайнеров и Белорусский Союз Дизайнеров). В результате инициатор получает создание продукта, а государству возвращается часть прибыли;

– совершенствование франчайзинг-площадки типа https://belfranchising.by и развитие не только торговых марок, но и франшиз на производства;

– совершенствование электронного документооборота с возможностью дистанционного получения ключей;

– расширение финансовой поддержки участия белорусских компаний в международных конгрессно-выставочных мероприятиях и деловых миссиях для усиления экспортного потенциала индустрии дизайна.

Внедрение предложенных рекомендаций позволит популяризировать идеи дизайна и дизайн-проектирования в Беларуси, наладить контакты между промышленными предприятиями и организациями в сфере дизайна, в конечном итоге повысить качество и конкурентоспособность выпускаемых продуктов. Данная поддержка дизайн-сферы позволит открыть новые возможности для популяризации белорусского дизайна за счет международных контрактов и усиления бренда «Made in Belarus».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Алипатова, Д.Г. (2023). Анализ трендов дизайна мобильных приложений, *Моя профессиональная карьера*, Т. 2, № 54, с. 158–164.

Василишина, П.Ю. (2016). Сравнительный анализ американского и российского подходов к защите через авторское право объектов индустрии моды, *Петербургский юрист*, № 3, с. 136–149.

Гринь, Е.С. (2018). Отдельные вопросы использования результатов творческого труда в составе сложных объектов интеллектуальных прав, *Lex Russica (Русский закон)*, № 10 (143), с. 50–57.

Жерягин, С.А. (2017). Механизм защиты прав на объекты интеллектуальной собственности в рамках Евразийского экономического союза. Современное состояние и методы совершенствования, *Проблемы экономики и юридической практики*, № 3, с. 82–88.

Карпенцев, М.Н., Иваев, М.И. и Никульников, Н.В. (2023). Влияние графического дизайна на бизнес, *Актуальные вопросы современной экономики*, № 6, с. 283–289.

Кашуба, В.В. (2015). Об авторских правах, правовой охране и защите интеллектуальной, творческой собственности в сфере креативной индустрии, *Вестник научных конференций*, № 2-3 (2), с. 47–59.

Костромитина, М.А. (2018). Fashion law в индустрии моды, *Via Scientiarum*, № 3, с. 150–155.

Кротова, А.А. и Ильчук, С.Д. (2023). Анализ дизайнерского сектора рынка труда Республики Беларусь, *«Креатив и инновации' 2023»*, с. 104–107.

Пирцхалава, Х.Д. (2018). О некоторых аспектах правового регулирования объектов интеллектуальной собственности в Российской Федерации и зарубежных странах, *Международное сотрудничество евразийских государств: политика, экономика, право*, № 2 (15), с. 27–35.

Плис, В.В. (2020). Таможенно-правовая защита прав интеллектуальной собственности в Европейском союзе, *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, № 3-2 (42), с. 175–177. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10287.

Пономарева, Д.В. и Барабашев, А.Г. (2020). Правовой режим открытого доступа к результатам научных исследований, финансируемых государством, и научной информации в Европейском Союзе и Соединенных Штатах Америки, *Актуальные проблемы российского права*, Т. 15, № 6 (115), с. 201–213. DOI: 10.17803/1994-1471.2020.115.6.201-213.

Рузакова, О.А. и Гринь, Е.С. (2020). Вопросы защиты интеллектуальной собственности в области технологий виртуальной и дополненной реальности (VR, AR), *Вестник Пермского университета. Юридические науки*, № 49, с. 502–523. DOI: 10.17072/1995-4190-2020-49-502-523.

Седых, И.А. (2017). *Рынок услуг в области промышленного дизайна*, Москва: Национальный исследовательский университет, Высшая школа экономики, Российская Федерация.

Спасская, Д.Д. (2023). «Дизайн со смыслом» как средство повышения конкурентоспособности продукции промышленных предприятий, *Социальные и экономические системы*, № 3-1 (43), с. 101–110.

Терехова, Н.Ю., Цибизова, Т.Ю. и Халуторных, О.Н. Системный дизайн как философема в цифровом пространстве, *Дизайн. Материалы. Технология*, № 4 (60), с. 23–27. DOI: 10.46418/1990-8997_2020_4(60)_23.

Усатая, Т.В. и др. (2021). Тенденции в промышленном дизайне в России и за рубежом, *Дизайн. Материалы. Технология*, № 1 (61), с. 25–30. DOI: 10.46418/1990-8997_2021_1(61)_25_30.

Хворостяная, А.С. (2018). Стратегические аспекты управления интеллектуальной собственностью в индустрии моды, *Модернизация. Инновации. Развитие*, Т. 9, № 4, с. 546–559. DOI: 10.18184/2079-4665.2018.9.4.546-559.

Ходова, М.Т. и Дзюбанова, В.В. (2022). *Технологии NFT как способ защиты прав интеллектуальной собственности*, доступно по адресу: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-nft-kak-sposob-zaschity-prav-intellektualnoy-sobstvennosti (дата обращения: 16 января 2024).

Щербачева, Л.В. (2018). Способы защиты интеллектуальной собственности индустриальных стран, *Международный журнал гражданского и торгового права*, № 1, с. 33–38.

Echavarría-Arcila M., Correa J. & Pérez-Gómez A. (2023). Intellectual property for commercial ideas in technology markets: A system dynamics model, *Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity*, Volume 9, Issue 2, 100041. DOI: 10.1016/j.joitmc.2023.100041.

Li S. & Mirhosseini, M. (2012). A matrix-based modularization approach for supporting secure collaboration in parametric design, *Computers in Industry,* Volume 63, Issue 6, pp. 619–631. DOI: 10.1016/j.compind.2012.04.003.

Duhwan Mun, Jinsang Hwang, Soonhung Han, Protection of intellectual property based on a skeleton model in product design collaboration, *Computer-Aided Design*, Volume 41, Issue 9, pp. 641–648. DOI: 10.1016/j.cad.2009.04.007.

REFERENCES

Alipatova, D.G. (2023). Analysis of mobile application design trends [Analiz trendov dizajna mobil'nyh prilozhenij], *Moya professional'naya kar'era = My professional career*, T. 2, vol. 54, pp. 158–164 (In Russian).

Vasilishina, P.Yu. (2016). Comparative analysis of American and Russian approaches to the protection of fashion industry objects through copyright [Sravnitel'nyj analiz amerikanskogo i rossijskogo podhodov k zashchite cherez avtorskoe pravo ob"ektov industrii mody], *Peterburgskij yurist = St. Petersburg lawyer*, vol. 3, pp. 136–149 (In Russian).

Grin', E.S. (2018). Selected issues of using the results of creative work as part of complex objects of intellectual rights [Otdel'nye voprosy ispol'zovaniya rezul'tatov tvorcheskogo truda v sostave slozhnyh ob"ektov intellektual'nyh prav], *Lex Russica*, vol. 10 (143), pp. 50–57 (In Russian).

Zheryagin, S.A. (2017). Mechanism for the protection of rights to intellectual property within the framework of the Eurasian Economic Union. Current status and methods of improvement [Mekhanizm zashchity prav na ob"ekty intellektual'noj sobstvennosti v ramkah Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza. Sovremennoe sostoyanie i metody sovershenstvovaniya], *Problemy ekonomiki i yuridicheskoj praktiki = Problems of economics and legal practice*, vol. 3, pp. 82–88 (In Russian).

Karpentsev, M.N., Ivayev, M.I. & Nikul'nikov, N.V. (2023). The influence of graphic design on business [Vliyaniye graficheskogo dizayna na biznes], *Aktual'nyye voprosy sovremennoy ekonomiki = Current Issues of Modern Economics*, vol. 6, pp. 283–289 (In Russian).

Kashuba, V.V. (2015). On copyright, legal protection and protection of intellectual and creative property in the creative industry [Ob avtorskih pravah, pravovoj ohrane i zashchite intellektual'noj, tvorcheskoj sobstvennosti v sfere kreativnoj industrii], *Vestnik nauchnyh konferencij = Bulletin of scientific conferences*, vol. 2-3 (2), pp. 47–59 (In Russian).

Kostromitina, M.A. (2018). Fashion law in the fashion industry [Fashion law v industrii mody], *Via Scientiarum*, vol. 3, pp. 150–155 (In Russian).

Krotova, A.A. & Ilchuk, S.D. (2023). Analysis of the design sector of the labor market of the Republic of Belarus [Analiz dizajnerskogo sektora rynka truda Respubliki Belarus], *«Kreativ i innovaczii' 2023»*, pp. 104–107 (In Russian).

Pirckhalava, H.D. (2018). On some aspects of the legal regulation of intellectual property in the Russian Federation and foreign countries [O nekotoryh aspektah pravovogo regulirovaniya ob"ektov intellektual'noj sobstvennosti v Rossijskoj Federacii i zarubezhnyh stranah], *Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo evrazijskih gosudarstv: politika, ekonomika, parvo = International cooperation of Eurasian states: politics, economics, law*, vol. 2(15), pp. 27–35 (In Russian).

Plis, V.V. (2020). Customs and legal protection of intellectual property rights in the European Union [Tamozhenno-pravovaya zashchita prav intellektual'noj sobstvennosti v Evropejskom soyuze], *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk = International Journal of Humanities and Sciences*, vol. 3-2(42), pp. 175–177. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10287 (In Russian).

Ponomareva, D.V. & Barabashev, A.G. (2020). Legal regime for open access to publicly funded research and scientific information in the European Union and the United States of America [Pravovoj rezhim otkrytogo dostupa k rezul'tatam nauchnyh issledovanij, finansiruemyh gosudarstvom, i nauchnoj informacii v Evropejskom Soyuze i Soedinennyh Shtatah Ameriki], *Aktual'nye problemy rossijskogo prava = Current problems of Russian law*, vol. 15, № 6 (115), pp. 201–213. DOI: 10.17803/1994-1471.2020.115.6.201-213 (In Russian).

Ruzakova, O.A. & Grin', E.S. (2020). Issues of intellectual property protection in the field of virtual and augmented reality technologies (VR, AR) [Voprosy zashchity intellektual'noj sobstvennosti v oblasti tekhnologij virtual'noj i dopolnennoj real'nosti (VR, AR)], *Vestnik Permskogo universiteta. Yuridicheskie nauki = Bulletin of Perm' University. Legal sciences*, vol. 49, pp. 502–523. DOI: 10.17072/1995-4190-2020-49-502-523 (In Russian).

Sedyh, I.A. (2017). *Market for industrial design services* [Rynok uslug v oblasti promyshlennogo dizajna], Moscow: Nacional'nyj issledovatel'skij universitet, Vysshaya shkola ekonomiki = National Research University, Higher School of Economics, Russian Federation (In Russian).

Spasskaya, D.D. (2023). "Design with meaning" as a means of increasing the competitiveness of products of industrial enterprises ["Dizayn so smyslom" kak sredstvo povysheniya konkurentosposobnosti produktsii promyshlennykh predpriyatiy], *Sotsial'nyye i ekonomicheskiye sistemy = Social and Economic Systems*, vol. 3-1 (43), pp. 101–110 (In Russian).

Terekhova, N.YU., Tsibizova, T.YU. & Khalutornykh, O.N. System design as a philosopheme in the digital space [Sistemnyy dizayn kak filosofema v tsifrovom prostranstve], *Dizayn. Materialy. Tekhnologiya = Design. Materials. Technology*, vol. 4 (60), pp. 23–27. DOI: 10.46418/1990-8997_2020_4(60)_23 (In Russian).

Usataya, T.V. et al. (2021). Trends in industrial design in Russia and abroad [Tendentsii v promyshlennom dizayne v Rossii i za rubezhom], *Dizayn. Materialy. Tekhnologiya = Design. Materials. Technology*, vol. 1 (61), pp. 25–30. DOI: 10.46418/1990-8997_2021_1(61)_25_30 (In Russian).

Hvorostyanaya, A.S. (2018). Strategic Aspects of Intellectual Property Management in the Fashion Industry [Strategicheskie aspekty upravleniya intellektual'noj sobstvennost'yu v industrii mody], *Modernizaciya. Innovacii. Razvitie = Modernization. Innovation. Development*, vol. 9, № 4., pp. 546–559. DOI: 10.18184/2079-4665.2018.9.4.546-559 (In Russian).

Hodova, M.T. & Dzyubanova, V.V. (2022). *NFT technologies as a way to protect intellectual property rights* [Tekhnologii NFT kak sposob zashchity prav intellektual'noj sobstvennosti], available at: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-nft-kak-sposob-zaschity-prav-intellektualnoy-sobstvennosti (accesed: 16 January 2024) (In Russian).

Shcherbacheva, L.V. (2018). Ways to protect intellectual property of industrial countries [Sposoby zashchity intellektual'noj sobstvennosti industrial'nyh stran], *Mezhdunarodnyj zhurnal grazhdanskogo i torgovogo prava = International Journal of Civil and Commercial Law*, vol. 1, pp. 33–38 (In Russian).

Echavarría-Arcila M., Correa J. & Pérez-Gómez A. (2023). Intellectual property for commercial ideas in technology markets: A system dynamics model, *Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity*, Volume 9, Issue 2, 100041. DOI: 10.1016/j.joitmc.2023.100041.

Li S. & Mirhosseini, M. (2012). A matrix-based modularization approach for supporting secure collaboration in parametric design, *Computers in Industry,* Volume 63, Issue 6, pp. 619–631.

Duhwan Mun, Jinsang Hwang, Soonhung Han, Protection of intellectual property based on a skeleton model in product design collaboration, *Computer-Aided Design*, Volume 41, Issue 9, pp. 641–648. DOI: 10.1016/j.cad.2009.04.007.

Информация об авторах | Information about the authors

Гринцевич Любовь Владимировна
Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и управление инновационными проектами в промышленности», Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь.
E-mail: grinyaya@mail.ru

Булло Лада Марьяновна
Старший преподаватель кафедры «Экономика и управление инновационными проектами в промышленности», Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь. E-mail: lada-bullo@yandex.by

Liubou V. Grintsevich
Candidate of Sciences (in Economics), Associate Professor of the Department "Economics and Management of Innovative Projects in Industry", Belarusian National Technical University, Republic of Belarus.
E-mail: grinyaya@mail.ru

Lada M. Bullo
Senior Lecturer at the Department "Economics and Management of Innovative Projects in Industry", Belarusian National Technical University, Republic of Belarus.
E-mail: lada-bullo@yandex.by

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS OF JOURNAL "BULLETIN OF STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY"

1. Научно-технический журнал «Вестник Витебского государственного технологического университета» выходит четыре раза в год.

2. К печати допускаются статьи по трем тематическим направлениям:

I. **«Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности»**, включающее статьи по технологии производства, материаловедению, товароведению, экспертизе и безопасности текстильных, швейных, обувных и кожевенно-галантерейных изделий.

II. **«Химическая технология»**, включающее статьи, в которых рассматриваются физико-химические основы химической технологии волокнистых материалов, технологии получения и переработки полимеров и композитов на их основе, оборудование химических производств, а также способы рационального использования материальных ресурсов в промышленности.

III. **«Экономика»**, содержащее статьи по исследованию экономических и бизнес-процессов в промышленности, включая интеграционные и кооперационные связи в рамках региональных объединений и межотраслевых структур.

3. В журнале публикуются статьи следующих видов:

– научная статья;

– обзорная статья;

– заметки редактора.

4. Рукописи, направляемые в журнал, должны являться оригинальным материалом, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

5. К рукописи статьи необходимо приложить следующие материалы:

– заявку с указанием названия статьи, тематического направления (из п. 2), к которому она подается, вида статьи (из п. 3), со списком авторов и их личными подписями. В заявке авторы должны гарантировать, что статьи не публиковались ранее в других изданиях в их нынешней или близкой по содержанию форме, не находятся на рассмотрении в редакциях других изданий и все возможные конфликты интересов, связанные с авторскими правами и опубликованием рассматриваемых статей, урегулированы. Также в заявке необходимо указать согласие авторов на размещение полного текста статьи в сети Интернет;

– аннотацию на русском языке объемом 150–250 слов. Аннотация призвана выполнять функцию независимого источника информации, должна быть информативной, оригинальной, структурированной. В аннотации должна быть отражена актуальность темы исследования, постановка проблемы, цель и методы исследования, полученные результаты. В случае выполнения исследований в рамках финансируемых проектов или грантов после текса аннотации необходимо указать источник финансирования;

– перевод аннотации на английский язык;

– ключевые слова на русском и английском языках (5–8 слов или выражений);

– сопроводительное письмо от организации, где выполнялась работа, или выписка из протокола заседания кафедры (для авторов, являющихся сотрудниками ВГТУ);

– экспертное заключение о возможности опубликования представленных материалов в открытой печати;

– справку, содержащую сведения об авторах (место работы, должность, ученая степень, адрес, телефон, e-mail, идентификационный номер ORCID, если они имеются) – на русском и английском языках;

– электронный вариант всех материалов, кроме сопроводительного письма (выписки из протокола заседания кафедры) и экспертного заключения.

6. Направляемые в редакцию журнала статьи должны иметь следующую структуру: индекс УДК; название статьи; фамилии и инициалы авторов; текст статьи; список использованных источников.

7. Статья должна содержать следующие разделы:

– введение, включающее обоснование актуальности рассматриваемой проблемы, характеристику состояния проблемы до начала ее изучения авторами со ссылками на источники информации, цель исследований;

– методы и средства исследований, в том числе, авторские методики, если они использовались при выполнении работы;

– результаты исследований;

– анализ полученных результатов с точки зрения их научной новизны и в сопоставлении с соответствующими известными данными и высказанными при постановке задачи гипотезами;

– выводы.

Выводы не должны носить констатирующий характер и содержать сведения, отсутствующие в основном тексте статьи.

8. Оформление ссылок на используемые источники и их библиографического описания осуществляется в соответствии со стандартом Harvard (Harvard

reference system) согласно отдельной инструкции.

9. Список использованных источников должен включать ссылки на актуальные научные публикации по теме статьи. Количество источников в научной статье включает не менее 15 наименований, в обзорной статье – не менее 30 наименований.

10. Не менее 50 % списка источников должны составлять ссылки на научные публикации, изданные в течение последних 10 лет. Излишнее самоцитирование не допускается. Количество ссылок на работы автора (соавторов) статьи не должно превышать 25 % от числа цитируемых научных публикаций.

11. Список должен содержать не менее 30 % источников в изданиях, включенных в ведущие международные наукометрические базы (Scopus, Web of Science).

12. В список источников не включаются стандарты, другие нормативные документы, методические рекомендации, статистические бюллетени, сайты ненаучного содержания. Ссылки на подобные источники оформляются в виде примечаний по тексту статей.

13. Оформление статьи должно удовлетворять следующим требованиям:

– статьи подаются на русском или английском языке;

– текст статьи, аннотации и ключевые слова набираются шрифтом Arial, 11 пт, с полями страницы (верхнее, нижнее, левое, правое) – 20 мм и одинарным межстрочным интервалом;

– страницы рукописи статьи должны быть пронумерованы;

– объем научной статьи без учета аннотации и списка использованных источников должен составлять от 20 000 до 40 000 печатных знаков (6–12 страниц); объем обзорной статьи – не менее 10 страниц;

– в файлах не должно быть макросов, колонтитулов и других сложных элементов форматирования за исключением нумерации страниц;

– исключается автоматическая или ручная расстановка переносов;

– формулы набираются в редакторе формул, совместимым с Microsoft Word, полужирным курсивом;

– таблицы располагаются после первого упоминания в тексте. При этом они не должны дублировать сведения, отображенные на графиках. Заголовки таблиц располагаются по центру страницы. Табличные данные – по центру или выравниваются по левому краю. Заливка не используется;

– иллюстрации располагаются после первого упоминания о них в тексте. Каждая иллюстрация должна иметь подрисуночную надпись (Times New Roman, 11 пт). Графики и диаграммы представляются как рисунки, выполняются в графическом редакторе, совместимым с Microsoft Word. Фотографии должны иметь контрастное изображение;

– иллюстрации, графики, диаграммы, фотографии должны быть сохранены на электронном носителе каждый отдельным файлом в стандартах растровой графики и следующим форматом: JPEG; RAW; TIFF; BMP; PSD; PCX; PNG, разрешением не менее 300 dpi;

– в случае оформления графиков, диаграмм, схем и других иллюстрации с использованием программ Excel и PowerPoint авторы должны дополнительно представить исходные файлы электронных таблиц, презентаций и т. д.;

– иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. Нумерация формул приводится арабскими цифрами в круглых скобках по правому краю страницы;

– в случае представления статьи на русском языке необходимо дополнить подрисуночные надписи и названия таблиц переводом на английский язык;

– распечатка статьи должна полностью соответствовать приложенному файлу.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются.

14. Авторы статей несут ответственность за достоверность приводимых в статье данных и результатов исследований.

15. Редакция не взимает плату за опубликование научных статей.

16. Редакция предоставляет возможность первоочередного опубликования статей, представленных лицами, осуществляющими послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство) в год завершения обучения.

17. Поступившие в редакцию статьи после предварительной экспертизы на соответствие предъявляемым требованиям направляются двум специалистам для проведения «слепого» рецензирования. Окончательное решение о публикации принимается на заседании редакционной коллегии с учетом результатов рецензирования.

18. Отклоненные редколлегией рукописи статей авторам не возвращаются.

19. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения в тексте статьи, аннотации, не искажающие основное содержание статьи. Сверстанные тексты статей до опубликования направляются авторам для согласования.

20. Статьи представляются в редакцию по адресу: 210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72, Берашевич Ирине Васильевне. Электронный вариант материалов допускается направлять по электронной почте на адрес vestnik-vstu@yandex.by ответственному секретарю редакционной коллегии Рыклину Дмитрию Борисовичу.

ОФОРМЛЕНИЕ ССЫЛОК НА ИСТОЧНИКИ И СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Для цитирования информационных ресурсов рекомендуется использовать Гарвардский стиль оформления (Harvard).

Ссылка на источник приводится в скобках и состоит из фамилии автора на языке источника и года публикации (Smith, 2020).

Если цитируются несколько источников в одних круглых скобках, следует перечислить их в том же порядке, в котором они указаны в списке литературы, и использовать точку с запятой для их разделения (Johnson, 2015; Smith, 2014).

Цитата приводится в кавычках с указанием номера страницы "After that I lived like a young rajah in all the capitals of Europe..." (Fitzgerald, 2018, p. 43).

Если материал был создан несколькими лицами, их фамилии принято разделять союзом and или соответствующим символом &. Два автора (Johnson & Williams, 2019). Три автора (Taylor, Fisher & Brown, 2014). Если авторами выступает более четырех индивидов, то делается пометка et al. (Harrison et al., 2016).

Для различения авторов с одной фамилией применяются инициалы; для работ одного автора, опубликованных в одном году – латинская буквенная идентификация, например, (Ivanov, 2017a, 2017b).

Если авторы источника не указаны, используется название источника, помещенное в кавычки, и выделенное курсивом "Psychology of pressure" (2010).

Список использованных источников

В соответствии с требованиями отечественных и международных баз данных, для обеспечения качественной и точной оценки цитируемости научных работ в рукописях необходимо приводить два списка источников:

1. Список источников на языке оригинала.

Библиографическое описание оформляется следующим образом (таблица 1).

При наличии в источнике четырех и более авторов необходимо перечислить всех авторов в библиографической записи. Пунктуация должна быть следующей: два автора, отделяются "and" без запятой; несколько авторов, разделяются запятыми, но последняя фамилия должна быть связана с предыдущей "and" без запятой. Ingram, T.N., Laforge, R.W., Schwepker, T.V. and Williams, M.R. (2007).

Источники одного и того же автора должны быть упорядочены по году публикации. Если в одном году опубликовано несколько произведений одного и того же автора, они располагаются в алфавитном порядке названий.

При наличии в описании источника электронного идентификатора DOI, он указывается в конце библиографического описания в списке источников.

2. Список с переводом на английский язык библиографических данных тех источников, которые изданы на других языках (References).

Если все источники изданы на английском языке, второй список не оформляется. Для русскоязычных источников в References в конце описания после указания диапазона страниц в круглых скобках указывается идентификатор языка первоисточника (In Russian).

Библиографическое описание оформляется следующим образом (таблица 2).

Библиографические данные в обоих списках не нумеруются и располагается в алфавитном порядке по первой букве первого слова каждого источника (обычно это фамилия первого автора, если авторы не указаны,

Таблица 1

Статья в научном журнале	Фамилия, И.О. (год). Название статьи. ***Название издания курсивом***, vol. номер тома, no. номер выпуска (если он есть), pp. номера страниц статьи.
Книга	Фамилия, И.О. (год). ***Название курсив.*** Город: издательство, страна.
Электронный ресурс	Автор (год), "Название статьи", [Online], полный URL, (дата обращения (Accessed, если источник на английском языке): дд.мм.гггг).

Таблица 2

Статья в научном журнале	Фамилия, И.О. (год). Перевод названия статьи на английский язык [Название в транслитерации]. *Название издания в транслитерации* = *на английском языке курсивом*, vol. номер тома, no. номер выпуска (если он есть), pp. номера страниц статьи (In Russian).
Книга	Фамилия, И.О. (год). *Название в транслитерации курсивом* [Название на английском языке]. Город: издательство, страна (In Russian).

то по названию). В начале списка перечисляются русскоязычные источники, затем иностранные.

Подробные рекомендации по составлению списков литературы по стандарту Harvard представлены на сайте https://www.emeraldgrouppublishing.com/how-to/authoring-editing-reviewing/use-harvard-reference-system.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 (47)

Дизайн **Дударева Д.Д., Погорельская С.И.**

Вёрстка издания **Погорельская С.И.**

Редактор издания **Прокопюк А.С.**

Подписано в печать 02.05.2024. Печать цифровая. Гарнитура Akrobat, Inter Tight.
Усл. печ. листов 21,4. Уч.-изд. листов 15,8. Формат 60x90 $^{1}/_{8}$. Тираж 100 экз. Заказ № 169.

Свёрстано и подготовлено к печати издательским сектором Витебского государственного технологического университета
210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

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

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь № 1235 от 8 февраля 2010 г.