

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 (38)

ВИТЕБСК 2020

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

VESTNIK

OF VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

№ 1 (38)

VITEBSK 2020

Редакционная коллегия:

Главный редактор – профессор Кузнецов А.А.

Зам. главного редактора – профессор Ванкевич Е.В.

Ответственный секретарь – профессор Рыклин Д.Б.

Члены редакционной коллегии

Технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения

- | | |
|--|--|
| <p>Редактор – проф., член-кор. НАН Беларуси
Рубаник В.В. (ИТА НАН Беларуси)
Зам. редактора – проф. Буркин А.Н.
(ВГТУ, Республика Беларусь)</p> <ul style="list-style-type: none"> • проф. Башметов В.С. (ВГТУ, Республика Беларусь) • вед. научн. сотрудник Беляев С.П.
(СПбГУ, Российская Федерация) • проф. Вертешев С.М. (ПсковГУ, Российская Федерация) • проф. Горбачик В.Е. (ВГТУ, Республика Беларусь) • доц. Казарновская Г.В. (ВГТУ, Республика Беларусь) • проф. Киосев Й. (Высшая школа Нидеррейна, Германия) • проф. Козан А.Г. (ВГТУ, Республика Беларусь) • проф. Корниенко А.А. (ВГТУ, Республика Беларусь) | <ul style="list-style-type: none"> • проф. Мерсон Д.Л. (НИИТП ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», Российская Федерация) • проф. Милашиус Р. (Каунасский технологический университет, Литва) • проф. Ольшанский В.И. (ВГТУ, Республика Беларусь) • проф. Пятав В.В. (ВГТУ, Республика Беларусь) • проф. Садовский В.В. (БГЭУ, Республика Беларусь) • проф. Сакевич В.Н. (ВГТУ, Республика Беларусь) • научн. сотрудник Салак А.Н.
(Университет Авейро, Португалия) • проф. Сторожев В.В. (МГУДТ, Российская Федерация) • проф. Сункуев Б.С. (ВГТУ, Республика Беларусь) |
|--|--|

Химическая технология и экология

- | | |
|--|---|
| <p>Редактор – проф. Ковчур С.Г.
(ВГТУ, Республика Беларусь)
Зам. редактора – доц. Ясинская Н.Н.
(ВГТУ, Республика Беларусь)</p> <ul style="list-style-type: none"> • член-кор. Академии инженерных наук Украины
Власенко В.И. (Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина) | <ul style="list-style-type: none"> • научн. сотрудник Дутчик В. (Институт по исследованию полимеров, г. Дрезден, Германия) • академик НАН Беларуси Лиштван И.И. • проф., член-кор. НАН Беларуси Пантелеенко Ф.И.
(БНТУ, Республика Беларусь) • доц. Гречаников А.В. (ВГТУ, Республика Беларусь) • доц. Стёпин С.Г. (ВГМУ, Республика Беларусь) |
|--|---|

Экономика

- | | |
|---|--|
| <p>Редактор – проф. Яшева Г.А.
(ВГТУ, Республика Беларусь)
Зам. редактора – доц. Касаева Т.В.
(ВГТУ, Республика Беларусь)</p> <ul style="list-style-type: none"> • проф. Богдан Н.И. (БГЭУ, Республика Беларусь) • проф. Быков А.А. (БГЭУ, Республика Беларусь) • проф. Варшавская Е.Я.
(НИУ «Высшая школа экономики», Российская Федерация) | <ul style="list-style-type: none"> • доц. Коробова Е.Н. (ВГТУ, Республика Беларусь) • проф. Коседовский В. (Университет им. Н. Коперника, Республика Польша) • проф. Махотаева М.Ю. (ПсковГУ, Российская Федерация) • проф. Меньшиков В.В. (Даугавпилсский университет, Латвия) • проф. Нехорошева Л.Н. (БГЭУ, Республика Беларусь) • доц. Прокофьева Н.Л. (ВГТУ, Республика Беларусь) |
|---|--|

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), 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/>

Тексты набраны с авторских оригиналов.

© УО «Витебский государственный
технологический университет», 2020

Editorial Board:

Prof. Kuzniatsou A.A., Editor-in-Chief
Prof. Vankevich A.V., Deputy Editor-in-Chief
Prof. Ryklin D.B., Executive secretary

Thematic Editors

Technology and Machinery of Light Industry and Machine Building

- | | |
|--|---|
| <p><i>Corresponding Member of Belarus NAS, Prof.</i>
<i>Rubanik V.V., Editor (Institute of Technical Acoustics of Belarus NAS)</i>
<i>Prof. Burkin A.N., Deputy Editor (VSTU, Republic of Belarus)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Prof. Bashmetau V.S. (VSTU, Republic of Belarus)</i> • <i>Belyaev S.P., Leading Researcher (SPbU, Russian Federation)</i> • <i>Prof. Verteshev S.M. (PskovSU, Russian Federation)</i> • <i>Prof. Gorbachik V.E. (VSTU, Republic of Belarus)</i> • <i>Assoc. Prof. Kazarnovskaya G.V. (VSTU, Republic of Belarus)</i> • <i>Prof. Yordan Kyosev (Hochschule Niederrhein, Germany)</i> • <i>Prof. Merson D.L. (State Federal-Funded Educational</i> | <p><i>Institution of Higher Professional Training "Togliatti State University", Russian Federation)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Rimvydas Milašius (Kaunas University of Technology, Lithuania)</i> • <i>Prof. Olshansky V.I. (VSTU, Republic of Belarus)</i> • <i>Prof. Pyatov V.V. (VSTU, Republic of Belarus)</i> • <i>Prof. Sadovsky V.V. (BSEU, Republic of Belarus)</i> • <i>Prof. Sakevich V.N. (VSTU, Republic of Belarus)</i> • <i>Salak A.N., Researcher, University of Aveiro (Portugal)</i> • <i>Prof. Storozhev V.V. (Moscow State University of Design and Technology, Russian Federation)</i> • <i>Prof. Sunkuev B.S. (VSTU, Republic of Belarus)</i> |
|--|---|

Chemical Technology and Ecology

- | | |
|--|--|
| <p><i>Prof. Kovchur S.G., Editor (VSTU, Republic of Belarus)</i>
<i>Assoc. Prof. Yasinskaya N.N., Deputy Editor (VSTU, Republic of Belarus)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Correspondent Member of the Engineering Academy of Ukraine Vlasenko V.I. (Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine)</i> • <i>Dutschik V., Researcher (The Institute of Polymer Research, Dresden, Germany)</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Academician of the Belarus NAS Lishtvan I.I.</i> • <i>Correspondent Member of the Belarus NAS, Prof. Panteleenko F.I. (BNTU, Republic of Belarus)</i> • <i>Assoc. Prof. Grechanikov A.V. (VSTU, Republic of Belarus)</i> • <i>Assoc. Prof. Stepin S.G. (VSMU, Republic of Belarus)</i> |
|--|--|

Economics

- | | |
|---|--|
| <p><i>Prof. Yasheva G.A., Editor (VSTU, Republic of Belarus)</i>
<i>Assoc. Prof. Kasaeva T.V., Deputy Editor (VSTU, Republic of Belarus)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Prof. Bogdan N.I. (BSEU, Republic of Belarus)</i> • <i>Prof. Bykau A.A. (BSEU, Republic of Belarus)</i> • <i>Prof. Varshavskaya E.Ya. (National Research University "Higher School of Economics", Russian Federation)</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Assoc. Prof. Korobova E.N. (VSTU, Republic of Belarus)</i> • <i>Prof. Wojciech Kosiedowski (Nicolaus Copernicus University, Poland)</i> • <i>Prof. Makhotaeva M.Yu. (PskovSU, Russian Federation)</i> • <i>Prof. Menshikov V.V. (Daugavpils University, Latvia)</i> • <i>Prof. Nekhorosheva L.N. (BSEU, Republic of Belarus)</i> • <i>Assoc. Prof. Prakofyeva N.L. (VSTU, Republic of Belarus)</i> |
|---|--|

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, 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 и оборудование легкой промышленности и машиностроения

Акиндинова Т.Л., Лапшин В.В., Смирнова Н.А., Замышляева В.В. Прогнозирование упругих свойств бортовых тканей	11
Борозна В.Д., Буркин А.Н., Козловская Л.Г., Цобанова Н.В., Гольдаде В.А., Зотов С.В. Свойства искусственных кож, применяемых для производства заготовок верха обуви внутреннего способа формования	18
Казарновская Г.В., Пархимович Ю.Н., Балашов П.Е. Автоматизированное проектирование модельных переплетений для жаккардовых тканей по мотивам слущких поясов	32
Киселев М.Г., Богдан П.С., Мониц С.Г., Янкина Я.В. Устройство определения усилия неравномерного отслаивания клеевого слоя гибких материалов от жесткой пластины	40
Кузьменков С.М., Дрюков В.В., Котов А.А., Мовсесян В.Ю. Модернизация конвективной поверхности нагрева водогрейных котлов	52
Милеева Е.С., Казарновская Г.В. Анализ влияния крутки на показатели качества котонинсодержащей пряжи пневмомеханического способа формирования	59
Окунев Р.В. Методика расчета толщины теплоизоляционной подкладки для комбинированного костюма индивидуальной защиты с элементами положительной плавучести	71
Ольшанский А.И., Котов А.А. Тепломассоперенос в процессе конвективной сушки тонких плоских влажных материалов ..	79
Панкевич Д.К., Ивашко Е.И. Водонепроницаемость мембранных текстильных материалов в условиях эксплуатации	91
Радюк А.Н., Дойлин Ю.В., Козлова М.А., Буланчиков И.А., Буркин А.Н. Материалы и технологии получения изделий на основе отходов полиуретанов	100
Рыклин Д.Б., Тан Сяотун, Крушевич К.А. Разработка программы для расчета показателей драпируемости тканей на основе данных 3D-сканирования	113
Скобова Н.В., Косоян Е.Ш. Экспериментальные исследования процесса получения комбинированных функциональных нитей	125

Чарковский А.В., Береснев В.И., Быковский Д.И.

Разработка перспективной структуры трикотажного материала для изготовления медицинских масок 134

Чарковский А.В., Быковский Д.И., Гончаров В.А.

Особенности структурообразования одинарного кулирного гибридного трикотажа платированных перекидных переплетений 142

Химическая технология и экология

Манак П.И., Ковчур А.С., Гречаников А.В., Тимонов И.А.

Техногенные продукты химической водоподготовки теплоэлектроцентралей как добавка к клинкерным керамическим материалам 150

Нижников А.В., Савенок В.Е.

Особенности экологического нормирования энергогенерирующих установок на различных видах топлива 159

Ясинская Н.Н., Скобова Н.В.

Оценка эффективности применения электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона в технологиях заключительной отделки текстильных материалов 166

Экономика

Калиновская И.Н.

Социальные данные как инструмент специалиста по управлению человеческими ресурсами организации 173

Квасникова В.В., Миронова Ю.В.

Внутренний потенциал как фактор эффективности внебюджетной деятельности санитарно-эпидемиологических служб 188

Кучеренко С.Ю., Резник В.В.

Миграционные потоки из Украины в Польшу: оценка объемов и структуры 201

Прудникова Л.В., Жиганова Т.В.

Методические аспекты анализа и оценки результативности деятельности коммерческой организации 213

Трухан Ю.Л.

Оценка эффективности бизнес-процессов логистических центров: сравнительный анализ существующих подходов и рекомендации по развитию 231

Харфуш Н.Х., Ванкевич Е.В.

Направления влияния корпоративной социальной ответственности на потребительскую
лояльность: теоретические подходы и опыт Ливана..... 244

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ..... 250

ПАМЯТКА АВТОРАМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ВИТЕБСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА» 260

CONTENTS

Technology and Machinery of Light Industry and Machine Building

Akindinova Tatyana, Lapshin Valery, Smirnova Nadezhda, Zamyshlyayeva Veronika Prognosis of Elastic Properties of Stiffening Fabrics.....	11
Borozna Vilja, Burkin Alexander, Kozlovskaya Lyudmila, Tsobanova Nadezhda, Goldade Victor, Zotov Sergey Properties of Artificial Leather Applied for the Production of Upper Shoe by the Internal Forming..	18
Kazarnovskaya Galina, Parhimovich Yuliana, Balashov Pavel Computer Aided Design of Pattern Weaves for Jacquard Fabrics by Slutsk Belts Patterns.....	32
Kiselyov Mikhail, Bohdan Pavel, Monich Sergei, Jankina Janina Device for Determining the Force of Uneven Peeling of the Adhesive Layer of Flexible Materials from a Rigid Plate	40
Kuzmenkov Sergey, Dryukov Vasiliy, Kotow Alexej, Mausestian Uladzimir Modernization of Convective Heating Surface of Water Boilers	52
Mileeva Katsirina, Kazarnovskaya Galina The Analysis of Twist Effect on the Quality Indicators of Open-End Spun Yarn with Cottonized Flax Fibers	59
Okunev Roman Procedure for Calculation of Thickness of Heat-Insulating Lining for Combined Costume of Individual Protection with Elements of Positive Buoyancy.....	71
Alshanski Anatoli, Kotow Alexej Heat and Mass Transfer During Convective Drying of Thin Flat Wet Materials	79
Pankevich Darya, Ivashko Katsiaryna Waterproofness of Membrane Textile Materials under Conditions of Operation.....	91
Radyuk Anastasia, Doylin Yuri, Kozlova Maria, Bulanchikov Igor, Burkin Alexander Materials and Technologies for Manufacturing of Products Based on Polyurethane Waste.....	100
Ryklin Dzmitry, Tang Xiaotong, Krushevich Kiryl Development of a Program for Calculating Indicators of Fabrics Drapeability Based on 3D Scanning Data	113
Skobova Natallia, Kosoyan Alena Experimental Studies of the Process of Producing Combined Functional Yarn.....	125

Charkovskij Aleksandr, Beresnev Vitalij, Bykouski Dzianis

Development of a Perspective Structure of Knitted Material for the Production of Medical Masks..... 134

Charkovskij Aleksandr, Bykouski Dzianis, Goncharov Vadim

Features of Structure Formation of Single Hybrid Plated Float Stitch Jersey Knit..... 142

Chemical Technology and Ecology**Manak Pavel, Kauchur Andrei, Hrachanikau Aliaksandr, Tsimanov Ivan**

Technogenic Products of Chemical Water Treatment of Heat-Electric Centers as Additive to Clinker Ceramic Materials..... 150

Nizhnikov Alexander, Savenok Vladimir

Peculiarities of Environmental Regulation of Power Generating Plants on Various Types of Fuel..... 159

Yasinskaya Natallia, Skobova Natallia

Evaluation of the Efficiency of Using Electromagnetic Waves of the Ultra-Frequency Range in the Finishing Technologies of Textile Materials..... 166

Economics**Kalinouskaya Iryna**

Social Data as a Tool for an Organization's Human Resources Management Specialist..... 173

Kvasnikova Vera, Mironova Yuliya

Internal Potential as a Factor of Efficiency of Extra Budgetary Activities of Sanitary and Epidemiological Services..... 188

Kucherenko Svitlana, Riznyk Viacheslav

Migration Flows from Ukraine to Poland: Volume Assessment and Structure 201

Prudnikava Liudmila, Zhyhanava Tatsiana

Methodological Aspects of Analyzing and Evaluating the Performance of a Commercial Organization 213

Trukhan Yuliya

Evaluation of the Effectiveness of Business Processes of Logistics Centers: a Comparative Analysis of Existing Approaches and Development Recommendations 231

Harfoush Nesrine Hafez, Vankevich Alena

The Directions of the Impact of Corporate Social Responsibility on Consumer Loyalty: Theoretical Approaches and Experience of Lebanon..... 244

INFORMATION ABOUT AUTHORS.....	250
INSTRUCTIONS FOR AUTHORS OF JOURNAL «VESTNIK OF VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY».....	260

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ БОРТОВЫХ ТКАНЕЙ

PREDICTION OF ELASTIC PROPERTIES OF STIFFENING FABRICS

УДК 687.1.03.017

**Т.Л. Акиндинова*, В.В. Лапшин, Н.А. Смирнова,
В.В. Замышляева**

Костромской государственный университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13801>

**T. Akindinova*, V. Lapshin, N. Smirnova,
V. Zamyshlyeva**

Kostroma State University

РЕФЕРАТ

БОРТОВЫЕ ТКАНИ, УПРУГОСТЬ ПРИ ИЗГИБЕ, ЖЕСТКОСТЬ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

В статье приведены результаты исследований основных характеристик строения и свойств современных бортовых тканей. Представлены показатели поверхностной плотности тканей, толщины нитей обеих систем и количество нитей на 10 см по основе и утку. Разработана методика определения жесткости и упругости при изгибе с использованием автоматизированной измерительной системы. Составлены справочные сведения по жесткости и упругости в ортогональных направлениях. Разработана интеллектуальная система, построенная на базе искусственных нейронных сетей с использованием программы Neuro-Prognosis. Система позволяет прогнозировать показатели упругости современных бортовых тканей и формировать базу данных для цифровизации их конфекционирования. Достоинством системы является возможность добавления уточнения модели прогнозирования при обновлении ассортимента бортовых тканей. Использование системы удобно при отсутствии дорогостоящего испытательного оборудования.

ABSTRACT

STIFFENING FABRICS, BENDING ELASTICITY, HARDNESS, PREDICTION, NEURAL NETWORKS

The article presents the results of research on the main characteristics of the structure and properties of modern stiffening fabrics. The indicators of surface density of fabrics, thread thickness of both systems and the number of threads per 10 cm on the base and weft are presented. A technique has been developed for determining bending hardness and elasticity using an automated measuring system. Reference information on hardness and elasticity in orthogonal directions has been compiled. An intelligent system based on artificial neural networks using the "Neuro-Prognosis" program has been developed. The system allows to predict the elasticity indicators of modern onboard fabrics and create a database to digitalize their selection. The advantage of the system is the ability to add refinement of the forecasting model when updating the range of stiffening fabrics. Using the system is convenient in the absence of expensive test equipment.

Качество изделий костюмной группы в значительной степени зависит не только от жесткости, но и от упругих свойств бортовых тканей, используемых для изготовления бортовых прокладок, определяющих способность одежды сохра-

нять приданную форму. В современных условиях существует проблема прогнозирования качества швейных изделий по свойствам материалов, используемых для их изготовления. Актуальность исследований и разработки методов прогнози-

* E-mail: tat-akindinova25@yandex.ru (Т. Акиндинова)

рования свойств современных бортовых тканей обусловлена возросшими требованиями к качеству и повышению конкурентоспособности отечественных швейных изделий и обновлением современного ассортимента бортовых тканей, что и определило цель работы. Для реализации прогнозирования необходимы экспериментальные исследования свойств бортовых тканей.

Характеристики строения современных бортовых тканей (таблица 1) свидетельствуют о их разнообразии по волокистому составу и от-

личии от классического ассортимента. Для выработки бортовых тканей используются трех-, четырех- и пятикомпонентные смеси, содержащие хлопок, лен, полиэфирные, вискозные волокна и животный волос. Имеют место синтетические бортовые ткани, например, артикул SD13.

В требованиях к классическим льняным бортовым тканям ГОСТ 4.4 регламентируется жесткость на изгиб. Поэтому была поставлена задача экспериментальных исследований жесткости и упругости современных бортовых тканей.

Таблица 1 – Характеристики строения бортовых тканей

Артикул	Волокистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м ²	Линейная плотность нитей, текс		Плотность ткани (число нитей на 10 см)	
			T_o	T_y	P_o	P_y
F9012N	хлопок – 33, ЖВ – 33, ПЭ – 34	185	40	90	160	140
CS906A	хлопок – 44, ПЭ – 31, ЖВ – 25	170	40	108	125	120
ВН911	хлопок – 42, ЖВ – 23, ПЭ – 23, Ввис – 12	190	34	80	255	130
CS900S	хлопок – 3, ЖВ – 33, ПЭ – 64	160	40	80	140	125
ВН231	хлопок – 27, ЖВ – 36, ПЭ – 10, Ввис – 27	196	20	100	255	150
215091	хлопок – 35, ЖВ – 20, ПЭ – 45	190	48	100	150	125
274473	ЖВ – 32, ПЭ – 68	185	56	104	125	115
215090	хлопок – 23, ЖВ – 33, ПЭ – 32, Ввис – 12	170	40	80	145	135
SD13	ПЭ – 100	170	32	86	165	150
СТ139	хлопок – 2, ЖВ – 24, ПЭ – 48, Ввис – 26	200	48	132	180	92
СТ400	ЖВ – 35, ПЭ – 65	192	32	80	165	150
DB9308	хлопок – 2, ЖВ – 24, ПЭ – 48, Ввис – 26	200	40	80	196	150
WO543c	хлопок – 13, ЖВ – 23, ПЭ – 46, Ввис – 18	205	34	130	240	100
СТ119	хлопок – 16, ЖВ – 24, ПЭ – 40, Ввис – 20	185	40	90	185	125
F313A	хлопок – 35, ПЭ – 33, ЖВ – 32	175	20	80	290	150
F8824	хлопок – 22, ПЭ – 12, ЖВ – 35, Ввис – 16, лен – 15	210	22	120	210	140
K911	хлопок – 42, ПЭ – 23, ЖВ – 23, Ввис – 12	190	40	80	230	125

Примечание: ЖВ – животный волос; ПЭ – полиэфирное волокно; Ввис – вискозное волокно.

Анализ существующих методов определения [1] и проведенных исследований характеристик изгиба обусловил целесообразность проведения исследований бортовых тканей с использованием разработанного метода [2] и автоматизированной системы [3].

Автоматизированная система характеризуется высоким техническим уровнем проведения испытаний, который соответствует современным тенденциям развития измерительной техники. Система включает устройство определения характеристик изгиба, где закрепленная в форме кольца проба изгибается под действием сосредоточенной нагрузки на треть ее высоты. Автоматизированная система дает возможность определения способности материала сопротивляться изгибающему воздействию и восстанавливать свою форму после освобождения от деформирующей нагрузки, имитируя условия реальной сложности этого явления при изготовлении и эксплуатации швейных изделий. Программное обеспечение системы позволяет количественно оценить характеристики жесткости и упругости.

Проведенные исследования позволили создать базу данных по основным характеристикам изгиба бортовых тканей (таблица 2), которая позволяет осуществлять рациональный выбор материалов и реализовать цифровизацию конфекционирования.

Существует градация бортовых тканей по группам жесткости ГОСТ 26484. Жесткость бортовых тканей, определяемая по методу кольца, должна соответствовать: для I группы 4,5–7 **сН**, для II группы 7,1–15 **сН**, для III группы 15,1–30 **сН**. Показатели условной упругости не нормируются, что обусловило необходимость исследований и жесткости, и упругости современных бортовых тканей.

Современный ассортимент бортовых тканей представлен всеми тремя группами жесткости для уточного направления (таблица 2). В направлении основы жесткость тканей существенно различается: ткань артикула K911 – I группы, большинство тканей – II группы. Жесткость синтетической ткани значительно превышает границу III группы жесткости ($50 > 30$ **сН**).

Таблица 2 – Характеристики изгиба бортовых тканей

Артикул ткани	Упругость при изгибе <i>У</i> , %		Жесткость при изгибе <i>Р</i> , сН	
	основа	уток	основа	уток
F9012	87,9	88,9	8,0	16,9
CS906A	83,7	91,6	13,0	11,8
BH911	83,7	96,8	7,8	14,1
CS9005	80,0	84,7	8,3	10,0
BH231	68,4	91,1	3,7	12,9
215091	71,1	98,9	10,7	19,0
274473	96,3	89,5	9,0	12,2
215090	75,3	88,9	11,8	11,9
SD13	89,5	94,7	50,0	51,1
CT139	85,8	92,6	8,4	13,8
CT400	96,8	93,2	14,5	15,0
DB9308	95,3	82,6	4,4	8,8
WO543c	58,4	90,0	2,4	5,9
CT119	93,7	85,8	12,4	6,4
F313A	85,8	92,6	8,8	10,5
F8824	59,4	91,0	4,2	10,8
K911	86,8	91,3	6,9	12,3

Экспериментальные результаты показали, что жесткость тканей по утку больше жесткости по основе, что можно объяснить большей толщиной уточных нитей и наличием в них животного волоса, поэтому основной слой бортовой прокладки целесообразно выкраивать по утку. Наличие в ассортименте тканей с низкими показателями жесткости по основе (менее 4,5 сН) свидетельствует о целесообразности экспериментальной оценки жесткости современных бортовых тканей при конфекционировании [4].

Исследуемые бортовые ткани обладают высокой упругостью, особенно по утку (таблица 2). Большинство тканей имеют упругость по утку порядка 90 %, что обуславливает целесообразность их выбора для изготовления бортовых прокладок. Высокая упругость бортовых тканей способствует сохранению формы одежды при эксплуатации.

Учитывая важность этого показателя для одежды, актуально изыскание метода прогнозирования упругости при конфекционировании. Для прогнозирования упругих свойств использована интеллектуальная система, созданная на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) [5]. Система

реализует функции обучения ИНС с учителем по алгоритму обратного распространения ошибки и обобщает экспериментальные результаты показателей упругости. При добавлении новых результатов уточняется модель прогнозирования. В процессе обучения происходит уменьшение средней относительной ошибки обучения, что характеризует приближение аппроксимирующей поверхности к экспериментальным данным.

Для прогнозирования упругих свойств бортовых тканей на основе ИНС по разработанной компьютерной программе [6] входными параметрами выбраны плотность $(\Pi_o + \Pi_y)/2$ и поверхностная плотность бортовых тканей ($M_s, \text{г/м}^2$) (рисунок 1).

По экспериментальным значениям ИНС аппроксимирует непрерывную поверхность зависимости упругости от входных параметров, которую можно принять за реальную в области рабочих значений: на рисунке 2 а – экспериментальная зависимость упругости по утку $Y_y(M_s, \Pi_{cp})$ и зависимость $Y_{nc}^y(M_s, \Pi_{cp})$, генерируемая ИНС, а на рисунке 2 б – экспериментальная зависимость упругости по основе $Y_o(M_s, \Pi_{cp})$ и зависимость $Y_{nc}^o(M_s, \Pi_{cp})$, генерируемая ИНС.

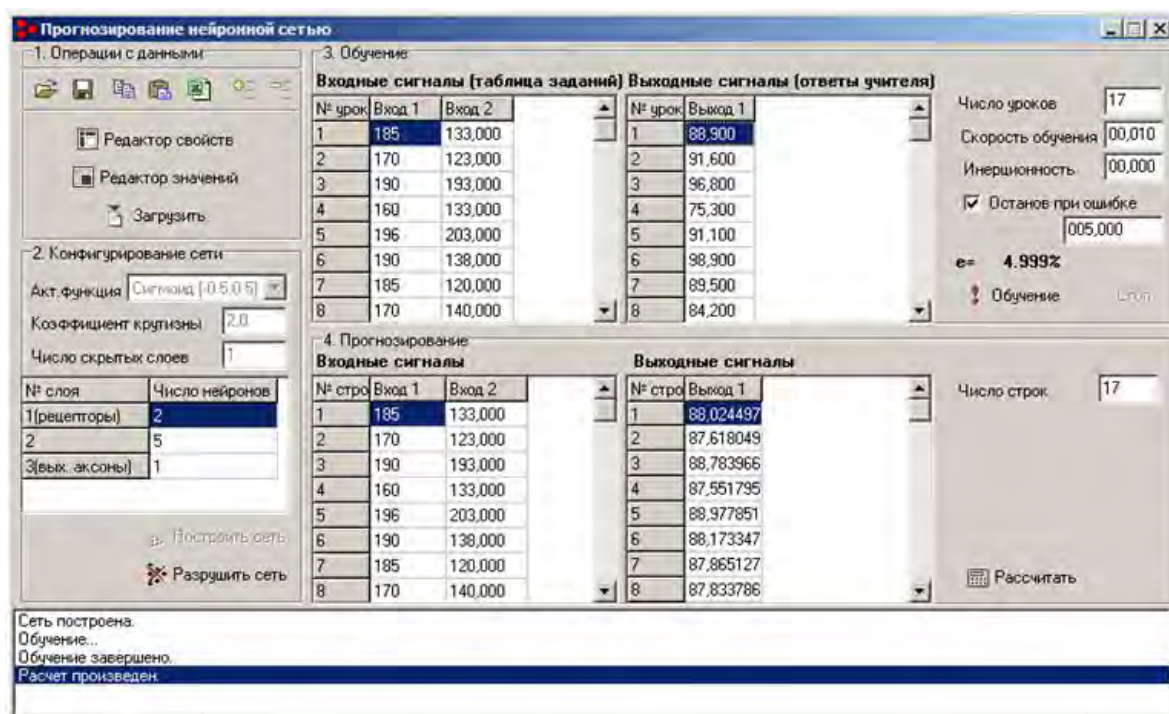


Рисунок 1 – Окно программы прогнозирования свойств текстильных материалов

Проверка качества прогнозирования упругости с использованием ИНС (рисунок 3) проводилась на бортовой ткани, не вошедшей в обучающую выборку. Ткань артикула WO543Hc имеет

поверхностную плотность 200 г/м^2 , плотность по основе – 95, по утку – 245, толщину основных нитей – 42 *текс*, уточных – 110 *текс*.

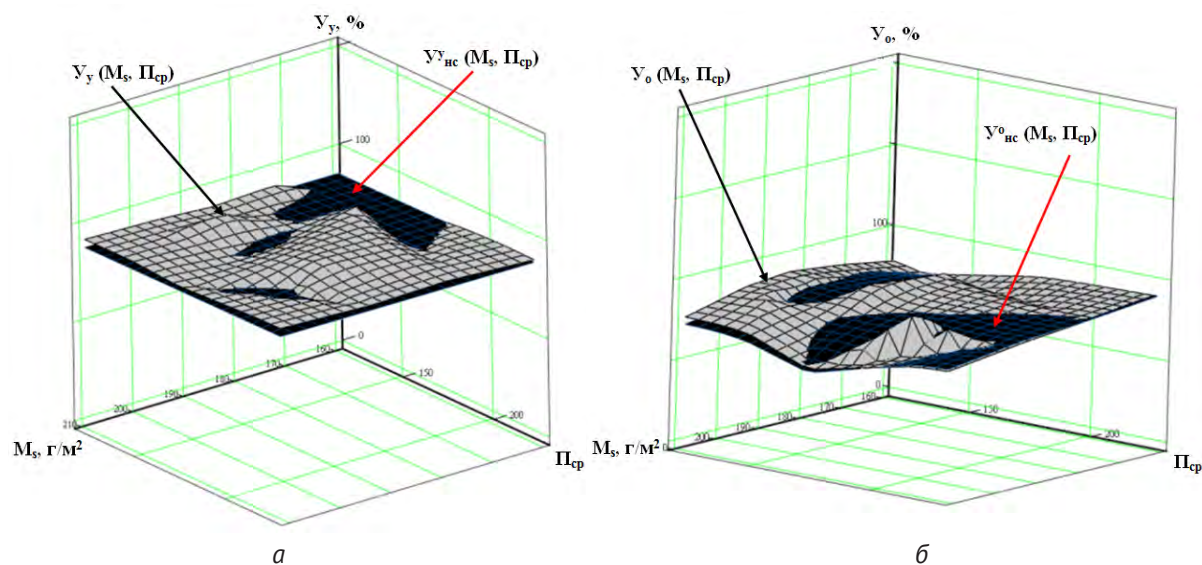


Рисунок 2 – Экспериментальная и генерируемая зависимости упругости бортовых тканей от плотности и поверхностной плотности: а – по утку, б – по основе

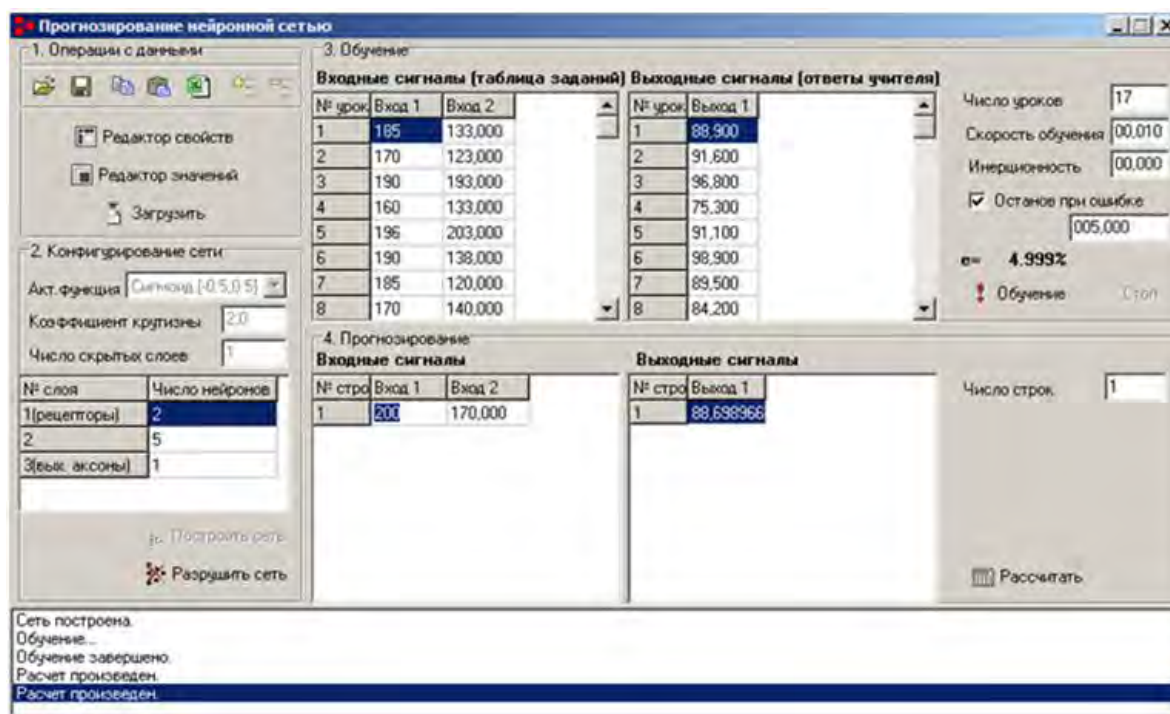


Рисунок 3 – Проверка качества прогнозирования упругости

Проверка качества обучения и прогнозирования определялась ошибкой прогнозирования, которая не превышает 5 % (таблица 3). Выполненная проверка свидетельствует о высоком уровне прогнозирования.

Достоинством рассматриваемой системы является практически полное исключение человека из процессов организации структуры сети и обучения, что является ценным в создании самостоятельной подсистемы прогнозирования и учета свойств материалов в САПР одежды. Успешное решение задачи экспериментальной оценки упругих свойств бортовых тканей позволило реализовать способ их прогнозирования с использованием интеллектуальной системы, построенной на базе искусственных нейронных сетей.

ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования характеристик изгиба современных бортовых тканей по разработанной автоматизированной методике, обеспечивающей получение объективных характеристик свойств в условиях испытаний, приближенных к эксплуатации швейных изделий.

2. Представлены справочные сведения по жесткости и упругости бортовых тканей, практическая значимость которых определяется возможностью создания самостоятельной подсистемы учета свойств материалов в САПР одежды.

3. Предложено прогнозирование упругих свойств бортовых тканей современного ассортимента с использованием интеллектуальной системы, построенной на базе искусственных нейронных сетей, применяя разработанную компьютерную программу Neuro-Prognosis, позволяющее реализовать цифровизацию конфекционирования.

Таблица 3 – Проверка качества прогнозирования

Характеристики ткани артикула W0543Hc		Экспериментальная условная упругость, %	Прогнозируемая условная упругость, %	Ошибка прогнозирования, %
волокнистый состав, %	направление			
хлопок – 13 Ввис – 18 ПЭ – 42 ЖВ – 27	основа	81,6	78,1	4,3
	уток	88,4	88,7	0,34

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бузов, Б. А., Алыменкова, Н. Д. (2010), *Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство)*, Москва, 448 с.
2. Замышляева, В. В., Смирнова, Н. А., Лапшин, В. В., Козловский, Д. А., Хохлова, Е. Е., Костромской государственный технологический университет (2011), *Способ определения релаксационных свойств материалов при изгибе*, РФ,

REFERENCES

1. Buzov, B. A., Alymenkova, N. D. (2010), *Materialovedenie v proizvodstve izdelij legkoj promyshlennosti (shvejnoe proizvodstvo)* [Material science in the manufacture of light industry products (clothing manufacture)], Moscow, 448 p.
2. Zamyshlyeva, V. V., Smirnova, N. A., Lapshin, V. V., Kozlovskiy, D. A., Khokhlova, E. E., Kostroma State Technological University (2011), *Sposob opredeleniya relaksacionnyh svojstv materialov pri izgibe* [Method to Determine Relaxing Properties

Пат. 2422822.

3. Лапшин, В. В., Смирнова, Н. А. (2019), *Автоматизированный измерительный комплекс как реализация концепции цифровизации в легкой промышленности*, Кострома, Издательство Костромского государственного университета, 107 с.
4. Замышляева, В. В., Смирнова, Н. А. (2019), *Конфекционирование современных прокладочных материалов с химическими волокнами*, Кострома, Издательство Костромского государственного университета, 81 с.
5. Осовский, С. (2002), *Нейронные сети для обработки информации*, Москва, 344 с.
6. Лапшин, В. В., Козловский, Д. А., Ершов, В. Н., Смирнова, Н. А., Замышляева, В. В., Костромской государственный университет (2018), *Программа Neuro-Prognosis*, Россия, программа для ЭВМ 2018619528.

of Materials when Bent], RU Pat. 2422822.

3. Lapshin, V. V., Smirnova, N. A. (2019), *Avtomatizirovannyj izmeritel'nyj kompleks kak realizacija koncepcii cifrovizacii v legkoj promyshlennosti: monografija* [Automated Measuring Complex as an Implementation of the Digitalization Concept in Light Industry], Kostroma, Kostroma State University Publ., 107 p.
4. Zamyshlyeva, V. V., Smirnova, N. A. (2019), *Konfekcionirovanie sovremennyh prokladochnyh materialov s himicheskimi voloknami: uchebnoe posobie* [Selection of modern gasket materials with chemical fibers], Kostroma, Kostroma State University Publ., 81 p.
5. Osovsky, S. (2002), *Nejronnye seti dlja obrabotki informacii* [Neural Networks for Information Processing], Moscow, Finance and statistics Publ., 344 p.
6. Lapshin, V. V., Kozlovsky, D. A., Ershov, V. N., Smirnova, N. A., Zamyshlyeva, V. V., Kostroma State University (2018), *Programma Neuro-Prognosis* [Program Neuro-Prognosis], RU, computer program 2018619528.

Статья поступила в редакцию 17.03.2020 г.

СВОЙСТВА ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАГОТОВОК ВЕРХА ОБУВИ ВНУТРЕННЕГО СПОСОБА ФОРМОВАНИЯ

PROPERTIES OF ARTIFICIAL LEATHER APPLIED FOR THE PRODUCTION OF UPPER SHOE BY THE INTERNAL FORMING

УДК 675.92.01

**В.Д. Борозна^{1*}, А.Н. Буркин¹, Л.Г. Козловская¹,
Н.В. Цобанова¹, В.А. Гольдаде², С.В. Зотов²**

¹ Витебский государственный технологический университет

² Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13802>

**V. Borozna^{1*}, A. Burkin¹, L. Kozlovskaya¹,
N. Tsobanova¹, V. Goldade², S. Zotov²**

¹ Vitebsk State Technological University

² Institute of Mechanics of Metal-Polymer Systems named after V.A. Bely

РЕФЕРАТ

ИСКУССТВЕННЫЕ КОЖИ, СВОЙСТВА, МЕТОДИКА, КАЧЕСТВО, ОБУВЬ

Статья посвящена разработке методике получения комплексного показателя технологических свойств искусственных кож, позволяющая оценить технологическую пригодность материалов на этапе входного контроля.

Предложенный подход к оценке технологических свойств искусственных кож позволяет на стадии конструкторско-технологической подготовки производства выбирать материалы с максимальным значением комплексного показателя, что даёт возможность оценить технологическую пригодность материала для заготовок верха обуви и обеспечить необходимый уровень качества готовой продукции. В статье представлены новые сведения о структуре, сырьевом составе и физико-механических свойствах современных искусственных кож, применяемых в настоящее время на отечественных обувных предприятиях. Проведены исследования технологических свойств искусственных кож по разработанной методике оценки. Установлено, что исследованные материалы обладают недостаточной динамической устойчивостью.

Объект исследований – искусственные кожи немецкого, турецкого и китайского производства.

Результаты работы – разработана методи-

ABSTRACT

ARTIFICIAL LEATHER, PROPERTIES, QUALITY, METHODOLOGY, FOOTWEAR

Artificial leather is widely used in shoe industry. Artificial leather is exposed to various influences during wearing of shoes. Existing methodology does not allow to evaluate the technological properties.

The objects of the study were artificial leather with a few-layer structure. This article is devoted to issues of setting production to manufacturing, which includes the following tasks: study of the structure, raw material composition and physical and mechanical properties of artificial leathers, development of a methodology for assessing the technological properties of artificial leathers. It gives recommendations on the use of materials in the manufacture of shoes. The article presents the results of a research of the technological properties of artificial leather.

* E-mail: wilij@mail.ru (V. Borozna)

ка оценки технологических свойств искусственных кож.

Область применения результатов – обувная промышленность.

Научная новизна работы заключается в том, что предложенная в ней методика оценки технологических свойств искусственных кож позволяет проводить исследования технологических свойств на этапе входного контроля, оценить технологическую пригодность материалов и обеспечить необходимый уровень качества готовой продукции.

В настоящее время для заготовок верха обуви широкое распространение получили искусственные кожи (ИК) на текстильной основе с полиуретановым покрытием, лицевая поверхность которых может быть гладкой, шероховатой, глянцевой, полуглянцевой, матовой, с тисненым рисунком и без него. Из эргономических свойств, прежде всего, следует отметить следующие группы: гигиенические, антропометрические и физиологические [1–5]. Гигиенические свойства ИК в значительной степени зависят от пористости и структуры пор лицевого покрытия [6, 7]. Как правило, обувь с верхом из ИК неудобна в носке по следующим причинам: жесткий верх, плохо приформовывается к стопе, вызывает излишнее потоотделение в процессе эксплуатации. В связи с указанным выше является актуальной оценка свойств ИК на стадии входного контроля материалов и подготовки конструкторско-технологической документации предприятия.

В процессе подготовки производства решается ряд взаимосвязанных задач, которые относятся к моделированию обуви и выбору материалов для элементов ее конструкции. При этом необходимо учитывать особенности технологического процесса изготовления изделия. К сожалению, последнее не часто реализуется в современном производстве обуви по ряду причин как объективного, так и субъективного характера [8].

В последнее время в производстве обуви все шире стали применяться искусственные кожи зарубежного производства различных структур. Это связано с тем, что применение ИК позволяет снизить себестоимость изделий и расширить

ассортимент производимой обуви. В связи с этим данная статья посвящена вопросам постановки продукции на производство: исследование структуры, сырьевого состава и физико-механических свойств ИК, разработка методики оценки технологических свойств ИК. На основании полученных данных по разработанной методике в статье даны рекомендации по использованию материалов в производстве обуви.

В качестве объектов исследования были выбраны 9 образцов ИК китайского, турецкого и немецкого производства, предназначенные для изготовления деталей верха и применяемые на обувных предприятиях концерна «Беллепром».

Исследование структуры ИК проводили с помощью сканирующей электронной микроскопии на микроскопе VEGA II LSH с системой энергодисперсионного микроанализа INCA ENERGY 250 ADD с программным обеспечением на следующих образцах ИК: «NUBUK 231», (Турция); «NUBUK 517», (Турция); «NUBUK 605», (Турция); «Met lack т-синий», (Германия); «Met lack бордо», (Германия); «Эко-кожа», (Китай); «Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36», (Китай); «Однослойная ИК серая, арт. M1042-26», (Китай); «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16», (Китай). СЭМ-изображения среза образцов ИК представлены на рисунке 1.

Для исследования структуры ИК применялась методика её исследования по микрофотографиям поперечного среза материала, описанная в работах [9, 10], с учетом особенностей ИК. По методике измеряют следующие параметры структуры: общую толщину образца, толщину

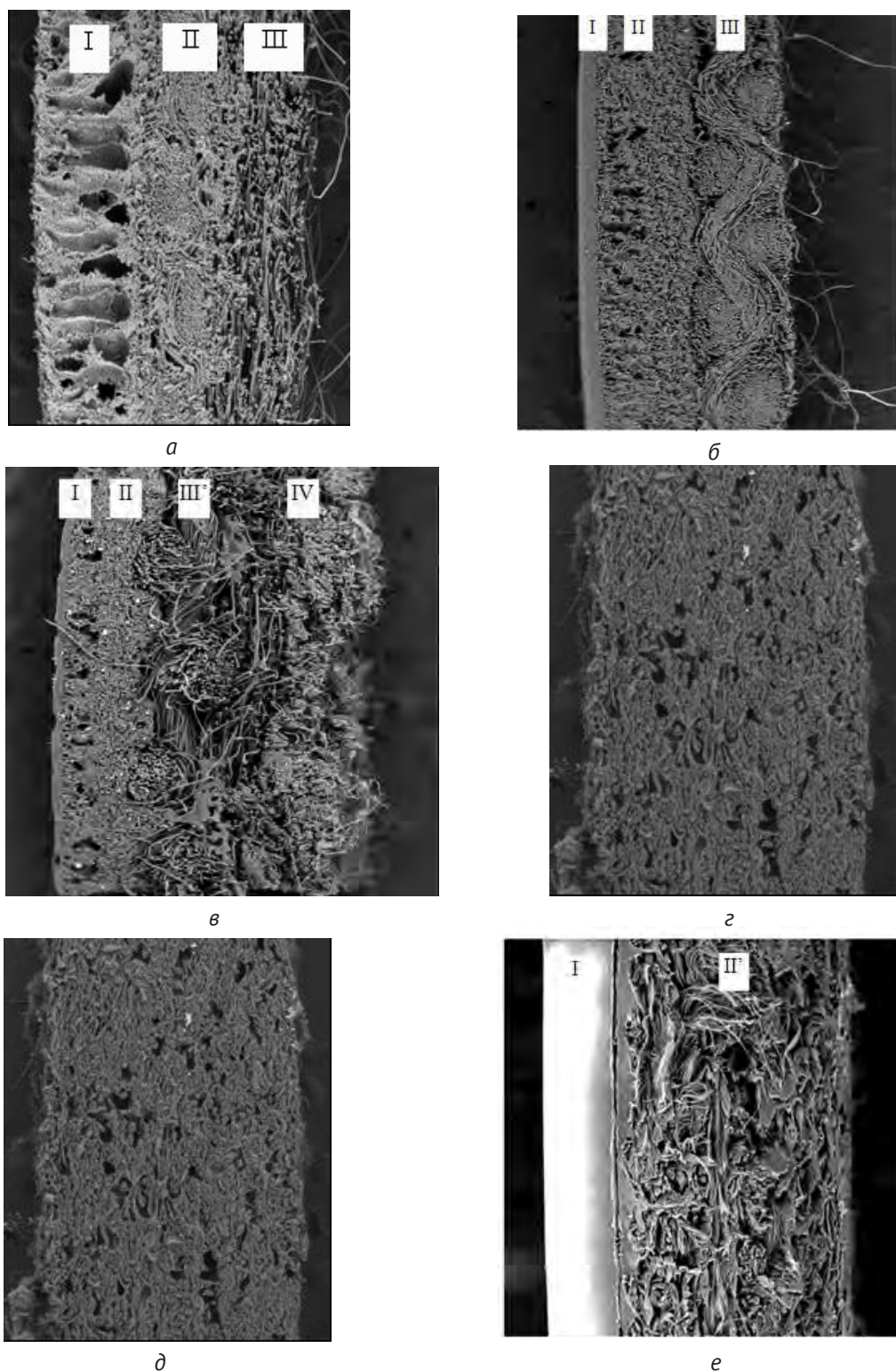


Рисунок 1 – СЭМ-изображения среза образцов ИК:

а) ИК «Nubuk 231»; б) ИК «Met lack бордо»; в) ИК «Эко-кожа»; г) ИК «Однослойной ИК коричневая, арт. M1042-36»; д) ИК «Однослойная ИК серая, арт. M1042-26»; е) ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16»; I – полимерный слой; II – тканый слой; III – нетканый материал, тканый слой; III' – тканевая основа; IV – слой кожевенных отходов; II' – волокнистый слой

текстильной основы, толщину полимерного монолитного и пористого слоя, радиус пор.

Сырьевой состав ИК определяли методом инфракрасной спектроскопии образцов на спектрофотометре с Фурье-преобразованием Nexus 5700 с программным обеспечением OMNIC 7.1 [11].

Большинство ИК имеют полиуретановое полимерное покрытие с текстильной основой из полиэфирных волокон, кроме ИК «Эко-кожа» (в её состав входят разволокненные фрагменты натуральной кожи (НК)), а также ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16», имеющая поливинилхлоридное покрытие с текстильной основой из полиэтилентерефталатных волокон. Толщина всех исследуемых материалов варьируется от 1300 *мкм* до 1500 *мкм*, кроме ИК «Эко-кожа» (толщина составляет 1800 *мкм* из-за её четырехслойной структуры).

Толщина текстильной основы всех образцов колеблется в пределах от 300 *мкм* до 460 *мкм*. Фаза строения тканой основы ИК – от 4 до 5. Это говорит о равномерном распределении нитей основы и утка по опорной поверхности материала.

Анализ структуры пористого полимерного слоя ИК позволяет сделать вывод о том, что он является макропористым с диаметром пор от 20 *мкм* до 90 *мкм* и принадлежит к двум видам: губчатому и корпускулярному. Толщина пористого слоя варьируется в узком диапазоне от 470 *мкм* до 570 *мкм*, кроме ИК «Эко-кожа», у которой толщина пористого покрытия составляет 390 *мкм*.

Исследования механических свойств ИК турецкого, немецкого и китайского производства проводили с помощью разрывной машины ИП 5158-5 на образцах прямоугольной формы (160x20) *мм* с рабочей частью (100x20) *мм* со скоростью перемещения нижнего зажима 70 *мм/мин*. Линейные размеры образцов определены по ГОСТ 17073-71 [12] с помощью металлической измерительной линейки с ценой деления 1 *мм* и толщиномера типа TP-10A с точностью 0,1 *мм*. Массу элементарных проб измеряли на весах Radwag AS 220/C/2/N с погрешностью не более 0,01 *г*. Поверхностную плотность образцов материалов определяли с точностью до 1 *г/м²*.

Анизотропию свойств материалов определяют коэффициенты равномерности по прочности и относительному удлинению при разрыве, которые находятся как отношение соответствующих показателей, полученных при испытании образца в двух взаимно перпендикулярных направлениях по формулам:

$$k_p = \frac{P_{p \min}}{P_{p \max}}, \quad (1)$$

$$k_p = \frac{\varepsilon_{p \min}}{\varepsilon_{p \max}}, \quad (2)$$

где $P_{p \min}$ и $P_{p \max}$ – наибольшее и наименьшее значения разрывной нагрузки P_p , *H*; $\varepsilon_{p \min}$ и $\varepsilon_{p \max}$ – наибольшее и наименьшее значения относительного удлинения при разрыве ε_p , %.

По условной относительной нагрузке P_y дополнительно определяли также показатели, характеризующие упругие свойства материалов, то есть условный модуль упругости E_y и жесткость D_y , по формулам:

$$P_y = 0,75 \cdot P_p, \quad (3)$$

$$E_y = \frac{\sigma_y}{\varepsilon_y} \cdot 100, \quad (4)$$

$$D_y = E_y \cdot F, \quad (5)$$

где P_p – разрывная нагрузка, *H*; σ_y – предел прочности при P_y , *МПа*; ε_y – относительное удлинение при P_y , %; F – площадь поперечного сечения образца, *м²*.

Показатели физико-механических свойств некоторых ИК и НК по результатам исследований их элементарных проб при выкраивании вдоль (В) и поперёк (П) рулона приведены в таблице 1. Три вида НК, используемых в производстве, взяты для сравнения.

Таблица 1 – Показатели физико-механических свойств ИК и НК

Материал	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м ²	Разрывная нагрузка $R_p, Н$		Предел прочности $\sigma, МПа$		Относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_p, \%$		Относительное удлинение при напряжении 10 МПа, %		Коэффициент равномерности по R_p, k_p	Коэффициент равномерности по ε_p, k_p
			В	П	В	П	В	П	В	П		
NUBUK 231	1,4	624	321	444	11,6	16,1	25	32	21	18	72	0,78
NUBUK-517	1,4	603	503	334	18,2	12,2	35	26	16	20	66	0,74
NUBUK-605	1,4	559	372	406	13,2	14,5	25	28	19	18	92	0,88
Metlack, бордо	1,0	568	293	397	13,9	18,9	20	34	14	20	74	0,59
Metlack, т-синий	1,0	465	331	298	16,6	14,9	17	40	9	27	90	0,43
Эко-кожа	1,8	784	232	284	6,4	8,0	38	28	20	27	82	0,74
Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36	1,6	546	386	372	12,1	11,6	98	137	78	97	96	0,72
Однослойная ИК серая, арт. М1042-26	1,6	553	414	436	12,9	13,6	135	114	104	76	95	0,84
Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16	0,9	435	235	135	13,0	7,5	71	140	51	-	57	0,51
НК «Нарра»	1,5	963	368	318	12,3	10,6	72	48	64	46	86	0,67
НК «Hannol»	1,5	1022	430	314	14,3	10,5	59	70	45	67	73	0,84
НК «Велюр»	1,3	926	512	384	17,1	12,8	52	49	30	35	75	0,94

Так как ИК используются как заменитель НК в заготовках верха обуви, то в основу анализа их физико-механических свойств положим ГОСТ 939-94 «Кожа для верха обуви. Технические условия» [13]. Указанный стандарт нормирует следующие показатели для натуральной кожи:

- толщина в пределах 0,90–1,63 мм;
- коэффициент равномерности по удлинению не менее 70 % для нубука и велюра и не менее 60 % для всех остальных видов НК;
- предел прочности не менее 13–18 МПа для различных видов НК;
- относительное удлинение при напряжении 10 МПа в пределах 20–40 % для велюра и нубука и 15–35 % для всех остальных видов НК.

Все исследованные материалы соответствуют

стандарту по толщине, кроме ИК «Эко кожа».

Диапазон предела прочности исследованных ИК от 6,4 до 18,2 МПа в продольном и от 7,5 до 18,9 МПа в поперечном направлениях деформирования. Из таблицы 1 видно, что исследуемые ИК «NUBUK 231», «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26» в продольном направлении, «NUBUK 517», «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16», НК «Hannol», НК «Велюр» в поперечном направлении и «Эко-кожа», «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», НК «Нарра» в обоих направлениях – не соответствуют по пределу прочности. И только 25 % исследованных материалов соответствует указанному нормируемому показателю в обоих направлениях растяжения.

Среди исследованных видов ИК только «Эко-кожа» и НК «Велюр» отвечают требованиям стандарта при растяжении во всех направлениях при напряжении 10 МПа.

Для придания заготовке обуви нужной формы при формовании, то есть для обеспечения процесса формования материалы должны обладать достаточной растяжимостью. Так при производстве обуви внутреннего способа формования максимальное значение деформации материала, которую он испытывает в районе носочно-пучковой части заготовки верха обуви, составляет около 15 %, а при производстве обуви обтяжно-затяжным способом максимальная деформация материала также в районе носочно-пучковой части заготовки равна 30 % [14]. Исследования показали, что все ИК могут быть использованы в заготовках верха обуви внутреннего способа формования, так как обладают достаточной деформационной способностью и

частично пригодны для формования верха обуви обтяжно-затяжным способом.

Для дополнительной оценки способности материалов формоваться получены значения условного модуля упругости и условной жесткости (таблица 2). Известно, что тем выше у материала значения условного модуля упругости и жесткости материала, тем меньше его деформация, так как выше его способность сопротивляться растягивающим усилиям. Исследования показали, что наиболее жесткими являются «NUBUK 231», «NUBUK 517», «NUBUK 605», «Met lack бордо» и «Met lack т-синий» в обоих направлениях и «Эко кожа» в продольном направлении растяжения соответственно [15].

Результаты проведенных исследований показали, что по всем перечисленным выше показателям физико-механических свойств из 9 исследованных ИК ни одна не соответствует полностью требованиям ГОСТ 939-94.

Таблица 2 – Дополнительные показатели физико-механических свойств ИК и НК

Наименование материала	Условное усилие $P_y, Н$		Условное относительное удлинение ε_y при $P_y, \%$		Условная жесткость $D_y, Н$		Условный модуль упругости $E_y, МПа$	
	В	П	В	П	В	П	В	П
NUBUK 231	240	333	18	21	1334	1583	48,3	57,3
NUBUK-517	378	251	22	18	1719	1400	62,3	51,1
NUBUK-605	279	304	19	20	1462	1511	51,8	54,0
Met lack, бордо	220	298	15	25	1479	1180	70,4	56,2
Met lack, т-синий	249	223	12	30	1995	758	100,0	38,0
Эко-кожа	174	213	28	28	616	768	17,1	21,7
Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36	290	279	72	95	400	294	12,5	9,2
Однослойная ИК серая, арт. М1042-26	311	327	91	76	339	428	10,6	13,4
Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16	176	101	53	105	3330	3384	185,0	188,0
НК «Nappa»	276	239	59	39	468	612	15,6	20,4
НК «Hannol»	323	245	48	58	672	423	22,4	14,1
НК «Велюр»	384	288	41	37	936	777	36,0	29,9

В нормативной базе Республики Беларусь для оценки технологических свойств ИК используют только один стандарт ГОСТ 17316-71 «Кожа мягкая искусственная. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве» и нет ни одного стандарта на нормируемые значения показателей [16]. Регламентируемые в этом ТНПА показатели физико-механических свойств недостаточно информативны, так как не позволяют в полной мере оценить способность материалов к сложному технологическому процессу формования верха обуви. Таким образом, есть необходимость в разработке дополнительных легко воспроизводимых и более информативных показателей свойств для оценки способности материалов принимать и сохранять форму, а значит пригодности к формированию заготовок верха обуви различными способами. При этом следует также учитывать наличие и возможности приборной базы обувных предприятий. Необходимо обратить внимание на тот факт, что при разработке новых показателей нужно учитывать то, насколько они удобны и легко воспроизводимы для производства и как их использование повлияет на качество выпускаемой продукции [17].

Обувь внутреннего способа формования отличается многообразием конструкций, формами и размерами деталей заготовки, а также применяемыми материалами. Следует также отметить, что объемную заготовку верха мы получаем путем пришивания втачной стельки к заготовкам с различным конструктивным решением заготовки верха: плоским, полуплоским и пространственным. Указанное выше приводит к тому, что при формировании заготовки верха в ней преобладает или одноосная, или двухосная деформация. В заготовках классических мокасин и обуви плоской конструкции преобладает одноосная деформация, а в заготовках верха обуви полуплоской и пространственной конструкций – двухосная деформация. Таким образом, исходя из конструкции заготовок верха, должна быть выбрана методика для оценки технологических свойств материалов. Следует также отметить, что обувь внутреннего способа формования отличается низкой формоустойчивостью и поэтому при оценке свойств материалов это необходимо предвидеть, оценивать и прогнозировать.

На этапе входного контроля определяем методику оценки технологических свойств при одноосном и двухосном растяжении в зависимости от типа конструкции заготовки верха обуви. В заготовках плоской конструкции и классических мокалинах преобладает одноосная деформация, а в пространственной и полуплоских конструкциях заготовок верха – двухосная деформация. Таким образом, исходя из конструкции заготовок верха, выбирается методика для оценки технологических свойств материалов.

Показателем технологической пригодности ИК являются следующие показатели:

- коэффициент запаса прочности, $K_{зп}$;
- коэффициент формоустойчивости, K_{ϕ} ;
- коэффициент сохранения прочности после деформации образца, $K_{пд}$.

Данные показатели технологической пригодности были выбраны из следующих соображений. При формировании заготовки верха следует учитывать, что она должна иметь запас прочности, поэтому удлинение материала должно быть в 1,5–2 раза больше, чем требуется для ее посадки. Величина запаса прочности материала зависит также от конструкции заготовки. Данный критерий позволяет дать характеристику материала, то есть выявить, способен ли он выдерживать нагрузки, которые прикладываются к нему в процессе формования. Поэтому за минимальное значение деформации материала заготовки берем 23 % для производства обуви внутренним способом формования (это значение в 1,5 раза больше, чем максимально возможные нагрузки, возникающие в процессе формования данным способом) и 45 % – при обтяжно-затяжном способе [18].

Коэффициент формоустойчивости позволяет на этапе подготовки производства установить способность выбранного материала сохранять приданную форму, причём при выборе рациональных режимов формования он может быть только улучшен.

Коэффициент сохранения прочности после деформации образца служит показателем, который оценивает степень изменения прочностных свойств материалов после формования.

Коэффициент формоустойчивости и коэффициент запаса прочности определяется после предварительного растяжения. Для этого обра-

зец материала растягивается на 15 % для производства обуви внутренним способом формования и 30 % – при обтяжно-затяжном способе. Указанные выше показатели определяются по представленным формулам:

$$K_{\Phi} = \frac{\varepsilon_{\text{ост}}}{\varepsilon_{\text{общ}}} ; \quad (6)$$

$$K_{3\Pi} \geq 1,5 \quad \varepsilon_p ; \quad (7)$$

$$K_{\Pi\Delta} = \frac{P}{P_k} , \quad (8)$$

где $\varepsilon_{\text{ост}}$ – относительное остаточное удлинение материала при формовании, %; $\varepsilon_{\text{общ}}$ – относительное общее удлинение материала при формовании, %; ε_p – относительное удлинение при разрыве, %; P – разрывная нагрузка материала после его предварительного деформирования на определённую величину, H ; P_k – разрывная нагрузка контрольного образца, не подверженного предварительному деформированию, H .

В таблице 3 представлены показатели технологических свойств ИК и НК при одноосном растяжении.

Как видно из таблицы 3, данные материалы существенно отличаются по своим свойствам: например, толщина варьируется от 0,9 до 1,8 мм; разрывная нагрузка контрольных об-

Таблица 3 – Показатели технологических свойств ИК и НК при одноосном растяжении

Артикул ИК	Толщина, мм	Разрывная нагрузка контрольного образца P_p, H		Разрывная нагрузка P_i после предварительной деформации на 15 %, H		Относительное удлинение при разрыве, $\varepsilon_p, \%$		Относительное остаточное удлинение $\varepsilon_{\text{ост}}, \%$		Коэффициент формоустойчивости K_{Φ}		Коэффициент сохранения прочности $K_{\Pi\Delta}$	
		В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
NUBUK 231	1,4	231	444	294	456	25	32	23,0	33,0	0,23	0,33	0,92	1,03
NUBUK-517	1,4	503	334	398	307	35	26	35,0	30,0	0,35	0,30	0,79	0,92
NUBUK-605	1,4	372	406	372	364	25	28	30,0	23,0	0,30	0,23	1,00	0,90
Met lack, бордо	1,0	279	341	307	365	30	43	27,0	27,0	0,27	0,27	1,10	1,07
Met lack, т-синий	1,0	334	254	161	322	47	24	27,0	27,0	0,27	0,27	0,48	1,27
Эко-кожа	1,8	237	329	220	306	40	33	20,0	27,0	0,20	0,27	0,93	0,93
Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36	1,6	386	372	440	349	98	137	20,0	7,0	0,20	0,07	1,14	0,94
Однослойная ИК серая, арт. M1042-26	1,6	414	436	435	420	135	114	20,0	27,0	0,20	0,27	1,05	0,96
Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16	0,9	235	135	224	141	71	140	20,0	20,0	0,20	0,20	0,95	1,03
НК «Nappa»	1,5	368	318	355	350	72	48	33,0	20,0	0,33	0,20	0,96	1,10
НК «Hannol»	1,5	430	314	326	310	59	70	33,0	27,0	0,33	0,27	0,76	0,99
НК «Велюр»	1,3	512	384	438	360	52	49	33,0	33,0	0,33	0,33	0,86	0,94

Примечание: натуральные кожи используются для заготовок верха внутренним способом формования и приводятся для сравнения с ИК.

разцов находится в пределах от 135 **H** до 512 **H**; разрывная нагрузка после предварительного деформирования варьируется от 161 **H** до 440 **H**; относительное удлинение при разрыве изменяется от 25 % до 140 %; относительное остаточное удлинение находится в пределах от 3,5 % до 33 %; коэффициент формоустойчивости изменяется от 0,20 до 0,40 и коэффициент сохранения прочности варьируется от 0,48 до 1,27.

Как видно из таблицы 3, коэффициент формоустойчивости очень низкий и изменяется от 0,20 до 0,40. Для указанных выше ИК необходимо решить оптимизационные задачи с целью определения рациональных режимов формования, имитируя при этом технологический процесс производства обуви. Сравнивая полученные значения коэффициентов формоустойчивости и сохранения прочности ИК с НК, можно сделать следующие выводы:

1) значение коэффициента формоустойчивости у ИК близко к значениям НК, кроме «Однослойной ИК коричневой, арт. М1042-36», в по-

перечном направлении и ИК «NUBUK 517» (её значение немного выше, чем у НК);

2) значение коэффициента сохранения прочности у ИК близко к значению НК и находится в тех же пределах, что и у НК, кроме Met lack т-синий. В продольном направлении у данной кожи значение ниже, чем у НК, а в поперечном направлении выше.

Графики зависимости нагрузки от относительного удлинения при одноосном растяжении перед и после деформирования представлены на рисунках 3 и 4. Указанные выше графики аппроксимируются по полиномиальной зависимости. Коэффициент детерминации (R^2) находится в пределах от 0,94 до 0,99, что доказывает высокую степень достоверности аппроксимирующей функции.

Анализируя графики на рисунке 3, можно сделать следующее заключение: свойства используемых ИК существенно отличаются от НК. Особенно это характерно для ИК «NUBUK 521», «NUBUK 517», «NUBUK 605», «Однослойная ИК

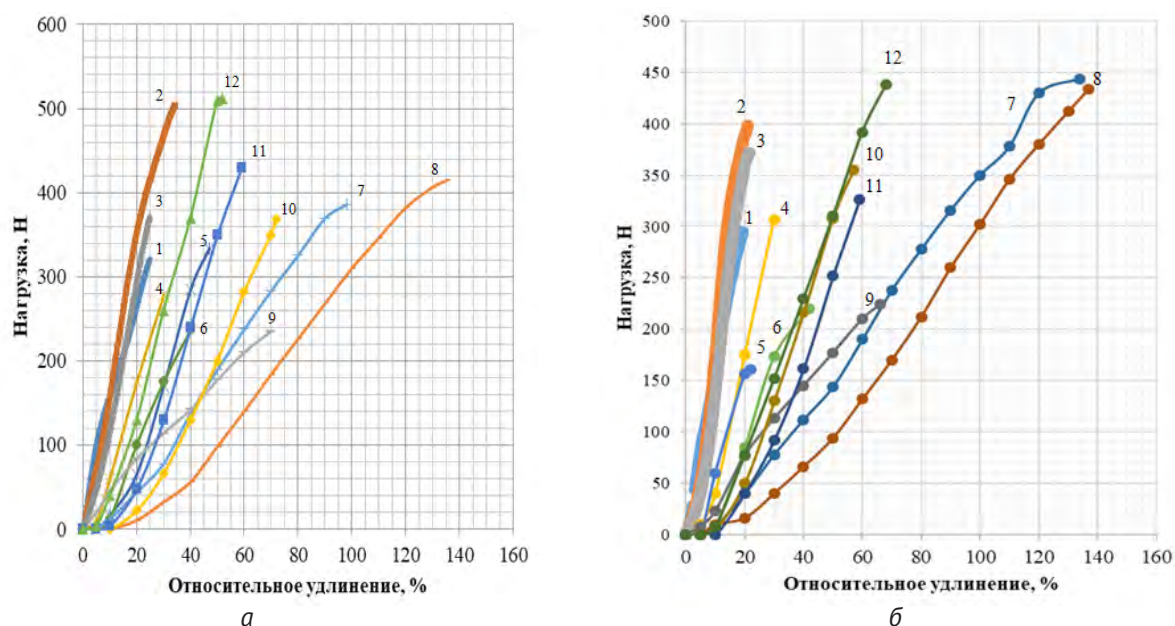


Рисунок 3 – Графики зависимости нагрузки от удлинения ИК и НК в продольном направлении при одноосном растяжении:

1 – ИК «Nubuk 231»; 2 – ИК «Nubuk 517»; 3 – ИК «Nubuk 605»; 4 – ИК «Met lack бордо»; 5 – ИК «Met lack т-синий»; 6 – ИК «Эко-кожа»; 7 – ИК «Однослойной ИК коричневая, арт. М1042-36»; 8 – ИК «Однослойная серая, арт. М1042-26»; 9 – ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16»; 10 – НК «Nappa»; 11 – НК «Hannol»; 12 – НК «Велюр»; а) без деформации; б) с деформацией

коричневая, арт. M1042-36», «Однослойная ИК серая, арт. M1042-26» и «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16». Из оставшихся ИК наиболее приближена к НК по своим свойствам «Эко-кожа».

На рисунке 3 б представлены кривые растяжения этих же самых ИК после предварительного 15 % растяжения (имитация деформирования при формовании верха обуви). Предварительное деформирование практически не изменило характер деформирования материала, что свидетельствует о том, что в структуре материалов не появились дефекты. Все указанные материалы не обладают достаточным запасом прочности.

Трудно установить какую-то закономерность деформационной способности материалов от их толщины. Основная причина различий в значениях деформационных свойств ИК кроется в особенностях их макроструктуры (волокна, нити, пропитки, их химического состава и так далее).

В области деформирования до 15 % (максимальная величина деформирования при формовании внутренним способом) указанные выше

материалы ведут себя также по-разному. Однако при выборе материалов следует отдавать предпочтение тем ИК, которые по своим деформационным характеристикам приближаются к НК или имеют более низкие значения внутренних напряжений при формовании.

Что касается эксплуатационных свойств ИК (рисунок 3), следует отдавать предпочтение следующим материалам: «Эко-кожа», «Однослойная ИК коричневая, арт. M1042-36», «Однослойная ИК серая, арт. M1042-26» и «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16», которые будут обладать достаточными свойствами для того, чтобы обеспечить комфортные условия процессе эксплуатации изделия.

Теперь проанализируем графики на рисунке 4, на которых представлены зависимости нагрузки от удлинения в поперечном направлении. Изучая графики на рисунке 4 а, можно сделать вывод о том, что ИК «Эко-кожа», «Met lack бордо», «Met lack т-синий» не рекомендуется выкраивать в этом направлении, так как в поперечном направлении они менее тягучие.

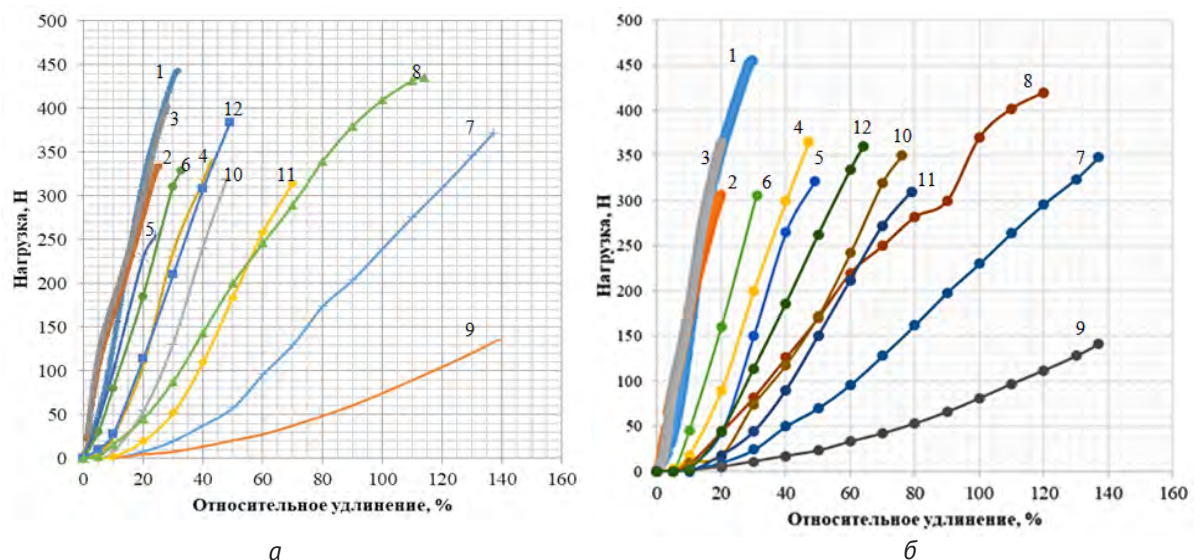


Рисунок 4 – Графики зависимости нагрузки от удлинения ИК и НК в поперечном направлении при одноосном растяжении:

1 – ИК «Nubuk 231»; 2 – ИК «Nubuk 517»; 3 – ИК «Nubuk 605»; 4 – ИК «Met lack бордо»; 5 – ИК «Met lack т-синий»; 6 – ИК «Эко-кожа»; 7 – ИК «Однослойной ИК коричневая, арт. M1042-36»; 8 – ИК «Однослойная серая, арт. M1042-26»; 9 – ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16»; 10 – НК «Nappa»; 11 – НК «Hannol»; 12 – НК «Велюр»; а) без деформации; б) с деформацией

На рисунке 4 б представлены кривые растяжения этих же самых ИК после предварительного 15 % растяжения. Анализируя график, можно сказать, что после предварительного растяжения характер деформирования материала практически не изменился, что свидетельствует о том, что в структуре материалов не появились дефекты.

На основе полученных физико-механических свойств, представленных в таблице 3, рассчитаны значения коэффициентов запаса прочности, формоустойчивости и сохранения прочности после деформации, а также комплексный показатель технологической пригодности. Значения коэффициентов представлены в таблице 4.

Анализируя полученные данные, можно заметить, что недостаточный уровень качества имеет критерий коэффициента формоустойчивости. Его можно повысить за счет моделирования технологического процесса на этапе входного контроля при постановке продукции на производство.

Значения коэффициентов по безразмерной шкале желательности было принято следующим образом: 0,00–0,63 – «плохо», 0,63–0,80 –

«удовлетворительно», 0,80–1,00 – «хорошо» [19]. Анализируя таблицу 4, можно сделать вывод о том, что в продольном направлении ИК «NUBUK 231», ИК «Met lack т-синий», ИК «Эко-кожа», ИК «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», ИК «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26», ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16» попали в градацию качества «плохо», а в поперечном направлении ИК «NUBUK 605», ИК «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», ИК «Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16» и НК «Nappa» попали в градацию качества «плохо». Образцы ИК «NUBUK-517», «Met lack, бордо», НК «Hannol», НК «Велюр», «NUBUK-605» и НК «Nappa» в продольном направлении, «Met lack, т-синий», «Эко-кожа» и «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26», в поперечном направлении попали в градацию качества «удовлетворительно». Материалы, попавшие в градацию качества «удовлетворительно», можно использовать в производстве обуви. Материалы, попавшие в градацию качества «плохо», можно использовать на неотчетственные детали заготовки верха обуви или необходимо оптимизировать техно-

Таблица 4 – Значения коэффициентов $K_{зп}$, K_{ϕ} и $K_{пд}$ для определения комплексного показателя K_T оценки технологической пригодности

Материал	$K_{зп}$		K_{ϕ}		$K_{пд}$		K_T	
	В	П	В	П	В	П	В	П
NUBUK 231	1	1	0,23	0,34	0,92	1,03	0,60	0,70
NUBUK-517	1	1	0,35	0,30	0,79	0,92	0,65	0,72
NUBUK-605	1	1	0,30	0,23	1,00	0,90	0,67	0,59
Met lack, бордо	1	1	0,27	0,27	1,10	1,07	0,67	0,66
Met lack, т-синий	1	1	0,27	0,27	0,48	1,27	0,51	0,70
Эко-кожа	1	1	0,20	0,27	0,93	0,93	0,57	0,63
Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36	1	1	0,20	0,07	1,14	0,94	0,61	0,40
Однослойная ИК серая, арт. М1042-26	1	1	0,20	0,27	1,05	0,96	0,59	0,63
Двухслойная ИК, арт. Hongxin 11022-16	1	1	0,20	0,20	0,95	1,03	0,57	0,59
НК «Nappa»	1	1	0,33	0,20	0,96	1,10	0,68	0,60
НК «Hannol»	1	1	0,33	0,27	0,76	0,99	0,63	0,64
НК «Велюр»	1	1	0,33	0,33	0,86	0,94	0,66	0,68

логический процесс в направлении повышения технологических свойств, например, увеличить длительность увлажнения заготовки верха обуви или температуру воздуха в ВТО.

Таким образом, предложенная в статье методика оценки технологических свойств ИК позволяет на стадии конструкторско-технологической подготовки производства выбирать материалы с максимальным значением комплексного показателя, что даёт возможность оценить технологическую пригодность материала для заготовок

верха обуви и обеспечить необходимый уровень качества готовой продукции. Данная методика рекомендуется для применения при входном контроле материалов на обувном предприятии. Кроме того, предлагаемая методика оценки свойств ИК может быть использована для испытания любых листовых материалов, применяемых в различных отраслях. При этом исключается необходимость закупки дорогостоящих средств измерений иностранного производства [20].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Садовский, В. В., Сыцко, В. Е. (2019), *Товароведение непродовольственных товаров*, Минск, 399 с.
2. Сыцко, В. Е., Целикова, Л. В., Марцинкевич, Т. Ф. (2015), *Основы товароведения*, Минск, 263 с.
3. Кербер, М. Л., Виноградов, В. М., Головкин, Г. С. (2018), *Полимерные композиционные материалы*, С.-Петербург, 639 с.
4. Струк, В. А. (2008), *Материаловедение*, Минск, 519 с.
5. Смелков, В. К. (2005), *Материаловедение*, Витебск, 300 с.
6. Шустов, Ю. С., Кирюхин, С. М. (2011), *Текстильное материаловедение*, Москва, 360 с.
7. Жихарев, А. П. (2004), *Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности*, Москва, 448 с.
8. Борозна, В. Д., Буркин, А. Н. (2014), Повышение показателей эргономических свойств и надежности обуви с верхом из искусственных кож в процессе входного контроля качества материала, *Вестник Белорусского государственного экономического университета*, 2014, № 6, С. 52–57.

REFERENCES

1. Sadovskij, V. V., Sycko, V. E. (2019), *Tovarovedenie neproduvol'stvennyh tovarov* [Commodity research of non-food products], Minsk, 399 p.
2. Sycko, V. E., Celikova, L. V., Marcinkevich, T. F. (2015), *Osnovy tovarovedenia* [Commodity Basics], Minsk, 263 p.
3. Kerber, M. L., Vinogradov, V. M., Golovkin, G. S. (2018), *Polimernye kompozicionnye materialy* [Polymer Composite Materials], S.-Peterbrug, 639 p.
4. Struk, V. A. (2008), *Materialovedenie* [Materials Science], Minsk, 519 p.
5. Smelkov, V. K. (2005) *Materialovedenie* [Materials Science], Vitebsk, 300 p.
6. Shustov, Ju. S., Kirjuhin, S. M. (2011), *Tekstil'noe materialovedenie* [Textile Materials Science], Moscow, 360 p.
7. Zhiharev, A. P. (2004), *Materialovedenie v proizvodstve izdelij legkoj promyshlennosti* [Material science in the manufacture of light industry products], Moscow, 448 p.
8. Borozna, V. D., Burkin, A. N. (2014), Improving the ergonomic properties and reliability of shoes with artificial leather upper during the incoming

9. Панкевич, Д. К., Кукушкин, М. Л. (2017), Влияние многоциклового механических нагрузок на структуру материалов с полиэфируретановой мембраной, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2017, № 1(32), С. 99–108.
10. Склянкин, В. П. (1984), *Строение и качество тканей*, Москва, 176 с.
11. Буркин, А. Н., Борозна, В. Д., Гольдаде, В. А., Зотов, С. В., Овчинников, К. В., Коваленко, М. А. (2017), Структура и свойства искусственных кож для верха обуви, *Полимерные материалы и технологии*, 2017, № 2, С. 80–84.
12. ГОСТ 17073-71. *Кожа искусственная. Метод определения толщины и массы 1 м²*, введ. 01.07.72, (1996), Минск, Белстандарт, 15 с.
13. ГОСТ 939-94. *Кожа для верха обуви. Технические условия*, введ. 01.01.96, (1998), Москва, Издательство стандартов, 16 с.
14. Зыбин, Ю. П. (1975), *Технология изделий из кожи*, Москва, 464 с.
15. Борозна, В. Д., Дмитриев, А.П., Буркин, А.Н. (2013), Физико-механические свойства искусственной кожи NUBUK, применяемой в заготовках верха обуви, *Изв. выс. учебных заведений. Технология легкой промышленности*, 2013, № 4 (2013), С. 57–60.
16. ГОСТ 17316-71. *Кожа искусственная мягкая. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве*, введ. 01.01.77, (1973), Москва, Государственные стандарты союза ССР, 8 с.
17. Буркин, А. Н., Борозна, В. Д. (2016), Анализ технологической пригодности материалов к производству обуви, *Стандартизация*, 2016, №1, № 2, С. 52–56, С. 48–51.
18. Зыбин, Ю. П. (1982), *Конструирование изделий из кожи*, Москва, 264 с.
9. Pankevich, D. K., Kukushkin, M. L. (2017), The effect of multi-cycle mechanical loads on the structure of materials with a polyester urethane membrane [Vlianie mnogociklovoy mekhanicheskikh nagruzok na strukturu materialov s polijefiruretanovoj membranoj], *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta – Vestnik of the Belarusian State Economic University*, 2014, No. 6, pp. 52–57.
9. Pankevich, D. K., Kukushkin, M. L. (2017), The effect of multi-cycle mechanical loads on the structure of materials with a polyester urethane membrane [Vlianie mnogociklovoy mekhanicheskikh nagruzok na strukturu materialov s polijefiruretanovoj membranoj], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2017, № 1 (32), pp. 99–108.
10. Skljannikov, V. P. (1984), *Stroenie i kachestvo tkanej* [Structure and quality of fabrics], Moscow, 176 p.
11. Burkin, A. N., Borozna, V. D., Gol'dade, V. A., Zotov, S. V., Ovchinnikov, K. V., Kovalenko, M. A. (2017), Structure and properties of artificial leather for upper shoes [Struktura i svojstva iskusstvennykh kozh dlja verha obuvi], *Polimernye materialy i tehnologii*, 2017, № 2, pp. 80–84.
12. GOST 17073-71. *Artificial leather. Method for determining the thickness and mass of 1 m²*, vved. 01.07.72, (1996), Minsk, Belstandart, 15 p.
13. GOST 939-94. *Leather for upper shoes. Specifications*, vved. 01.01.96, (1998), Moscow, Izdatel'stvo standartov, 16 p.
14. Zybin, Ju. P. (1975), *Tehnologija izdelij iz kozhi* [Technology of leather products], Moscow, 464 p.
15. Borozna, V. D., Dmitriev, A. P., Burkin, A. N. (2013), Physical and mechanical properties of NUBUK artificial leather used in shoe upper blanks [Fiziko-mekhanicheskie svojstva iskusstvennoj kozhi NUBUK, primenjaemoj v zagotovkah verha obuvi], *Izv. vys. uchebnykh zavedenij. Tehnologija*

19. Адлер, Ю. П., Маркова, Е. В., Грановский, Ю. В. (1976), *Планирование эксперимента при поиске оптимальных условиях*, Москва, 279 с.
20. Буркин, А. Н., Борозна, В. Д., Петрова-Буркина, О. А. (2012), Разработка универсальной методики и устройства для исследования прочности материалов сферическим растяжением, *Метрология и приборостроение*, 2012, № 4, С. 33–37.
- legkoj promyshlennosti*, 2013, № 4 (2013), pp. 57–60.
16. GOCT 17316-7. *Soft artificial leather. The method for determining the breaking load and elongation at break*, vved. 01.01.77, (1973), Moscow, Gosudarstvennye standarty sojuza SSR, 8 p.
17. Burkin, A. N., Borozna, V. D. (2016), Analysis of the technological suitability of materials for the production of shoes [Analiz tehnologicheskoy prigodnosti materialov k proizvodstvu obuvi], *Standartizacija*, 2016, № 1, № 2, pp. 52–56, pp. 48–51.
18. Zybin, Ju. P. (1982), *Konstruirovanie izdelij iz kozhi* [Design of leather products], Moscow, 264 p.
19. Adler, Ju. P., Markova, E. V., Granovskij, Ju. V. (1976), *Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovijah* [Planning an experiment in the search for optimal conditions], Moscow, 279 p.
20. Burkin, A. N., Borozna, V. D., Petrova-Burkina, O. A. (2012), Development of a universal methodology and device for studying the strength of materials by spherical tension [Razrabotka universal'noj metodiki i ustrojstva dlja issledovanija prochnosti materialov sfericheskim rastjazheniem], *Metrologija i priborostroenie*, 2012, № 4, pp. 33–37.

Статья поступила в редакцию 21. 04. 2020 г.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ ДЛЯ ЖАККАРДОВЫХ ТКАНЕЙ ПО МОТИВАМ СЛУЦКИХ ПОЯСОВ

COMPUTER AIDED DESIGN OF PATTERN WEAVES FOR JACQUARD FABRICS BY SLUTSK BELTS PATTERNS

УДК 677.074.323.4 : 658.012.011.56

Г.В. Казарновская^{1*}, Ю.Н. Пархимович¹,
П.Е. Балашов²

¹ Витебский государственный технологический
университет

² ООО «ИКом Чардж»

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13803>

G. Kazarnovskaya^{1*}, Yu. Parhimovich¹,
P. Balashov²

¹ Vitebsk State Technological University

² IKom Charge

РЕФЕРАТ

*СЛУЦКИЙ ПОЯС, ТЕХНОЛОГИЯ, ДВОЙНАЯ
ШИРИНА, ПОЛАЯ ТКАНЬ, ЖАККАРД, МОДЕЛЬНЫЕ
ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ*

Работа посвящена автоматизированному проектированию модельных переплетений для жаккардовых сувенирных тканей сложных структур по мотивам слутских поясов. Разработана технология получения тканей полой структуры и двойной ширины на современном шестичелночном ткацком станке фирмы Mageba (Германия), оснащённом жаккардовой машиной с программным управлением фирмы Stäubli. Разработаны алгоритмы и программный продукт на языке программирования JavaScript с целью упрощения процесса построения модельных переплетений для проектируемых тканей. Изготовление тканей сложных структур позволит внести разнообразие в ассортимент текстильных изделий по мотивам слутских поясов, вырабатываемых на уникальном оборудовании, установленном на РУП «Слутские пояса».

ABSTRACT

*SLUTSK BELTS, TECHNOLOGY, DOUBLE WIDTH,
HOLLOW FABRIC, JACQUARD, PATTERN WEAVES*

The work is devoted to the computer-aided design of pattern weaves for jacquard souvenir fabrics of complex structures by Slutsk belts patterns. A technology has been developed for the production of hollow structures and double-width fabrics on a modern weaving machine with six shuttles produced by Mageba (Germany), equipped with a Stäubli programmed jacquard machine. Algorithms and a software product have been developed in the JavaScript programming language in order to simplify the process of constructing pattern weaves for designed fabrics. The manufacture of fabrics of complex structures enable to add variety to the assortment of textile products based on Slutsk belts patterns produced on unique equipment.

Слутские пояса получили мировую известность еще в XVIII веке и с тех пор являются национальной реликвией белорусского народа как уникальный вид ручного ткачества и символ самоопределения нации [1].

В результате реализации Государственной программы «Возрождение технологий изготовления слутских поясов и развития производства национальной сувенирной продукции «Слутские пояса» на 2012–2015 годы» в Витебском госу-

дарственном технологическом университете воссоздана уникальная технология слутских поясов на современном ткацком оборудовании [2]. Сегодня на РУП «Слутские пояса» производятся копии оригинального исторического шедевра, текстильные сувениры: художественные панно, закладки для книг, аксессуары для телефонов, ключей. Вся продукция вырабатывается на современном ткацком оборудовании фирмы Mageba (Германия) и по структуре соответствует

* E-mail: galina_kazarnovskaya@mail.ru (G. Kazarnovskaya)

историческому аналогу – многоуточному гобелену.

Наличие челночного ткацкого станка с двухсторонней сменой челночных коробок позволило привнести разнообразие в структуру тканей и тем самым расширить ассортимент национальной сувенирной продукции [3, 4]. Ткани полые и двойной ширины известны как ремизные, первые, в основном, как технические (пожарные рукава, транспортерные ленты и так далее), медицинские, в жаккардовом ткачестве такие структуры не использовались, в то время как в мешковой ткани на внешней и внутренней сторонах возможно воспроизвести различные рисунки и тем самым расширить области ее применения [5]. Ткань двойной ширины превышает заправочную ширину станка, тем более, что для выработки слущких поясов его заправочная ширина всего 50 см. Вышеуказанные структуры тканей являются сложными, их реализация требует высоких профессиональных навыков в проектировании переплетений. Вопросы автоматизированного проектирования рисунков переплетений для тканей простого и сложного строения постоянно находятся в поле зрения многих исследователей [6, 7].

Целью настоящей работы является создание программного продукта для построения модельных переплетений жаккардовых тканей полой структуры и двойной ширины по мотивам слущких поясов. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- разработана последовательность прокладывания челноков на ткацком станке в верхнем и нижнем полотнах, позволяющая получать двулицевые жаккардовые полые ткани и двойной ширины;
- разработаны алгоритмы для построения модельных переплетений в компьютерной программе, написанной на языке программирования JavaScript;
- наработаны спроектированные ткани, позволившие расширить ассортимент штучных изделий новых структур по мотивам слущких поясов.

В строении разрабатываемых тканей принимают участие две системы основных и уточных нитей: основа и уток верхнего и нижнего полотен. В полой ткани соединение полотен проис-

ходит в двух краях, в ткани двойной ширины – в одном. Для исключения перезаправки ткацкого станка, предназначенного для выработки слущкого пояса, предложено использовать в основе 1126 нитей, номер берда – 160, проборка в зуб берда по две нити обеспечивает плотность по основе в ткани – 32 *нит/см*, соотношение между основами в полотнах – 1:1, плотность по утку – 42 *нит/см*, соотношение между утками – 1:1. В качестве основы и утка в опытных образцах применены полиэфирные текстурированные нити линейной плотностью 25 *текс*, на внешних сторонах верхнего и нижнего полотен в рисунке использованы четырехнитный сатин и репс основной 2/2, первое переплетение – на площади элементов рисунка, второе – в контуре.

Построение модельных переплетений включает следующие этапы:

1. Проектирование переплетений внешних сторон верхнего и нижнего полотен, образованных первым и вторым утками. Нити основы и утка в верхнем полотне пронумерованы арабскими цифрами, в нижнем – римскими (рисунок 1).

При использовании в полотнах саржевых переплетений для тканей полой структуры направление диагоналей на внешних сторонах в различных полотнах не имеет значения, для тканей двойной ширины направление диагоналей саржевых переплетений должно совпадать, так как при снятии ткани со станка одно полотно – продолжение второго. В этих тканях на направление диагоналей не оказывает влияния расположение места соединения полотен: в правой или левой кромках.

2. Построение переплетений внутренней стороны верхнего полотна, образованного вторым утком (рисунок 2 а), и внутренней стороны нижнего полотна, сформированного первым утком (рисунок 2 б).

Эти переплетения – негативное изображение переплетений, показанных на рисунке 1 б, в. При размещении уточных перекрытий необходимо, чтобы они не совпадали с одиночными основными перекрытиями переплетений на внешних сторонах в полотнах, в противном случае, оба утка будут просматриваться в рисунке, что может нарушить чистоту цвета.

3. Изображение подъемов верхней основы

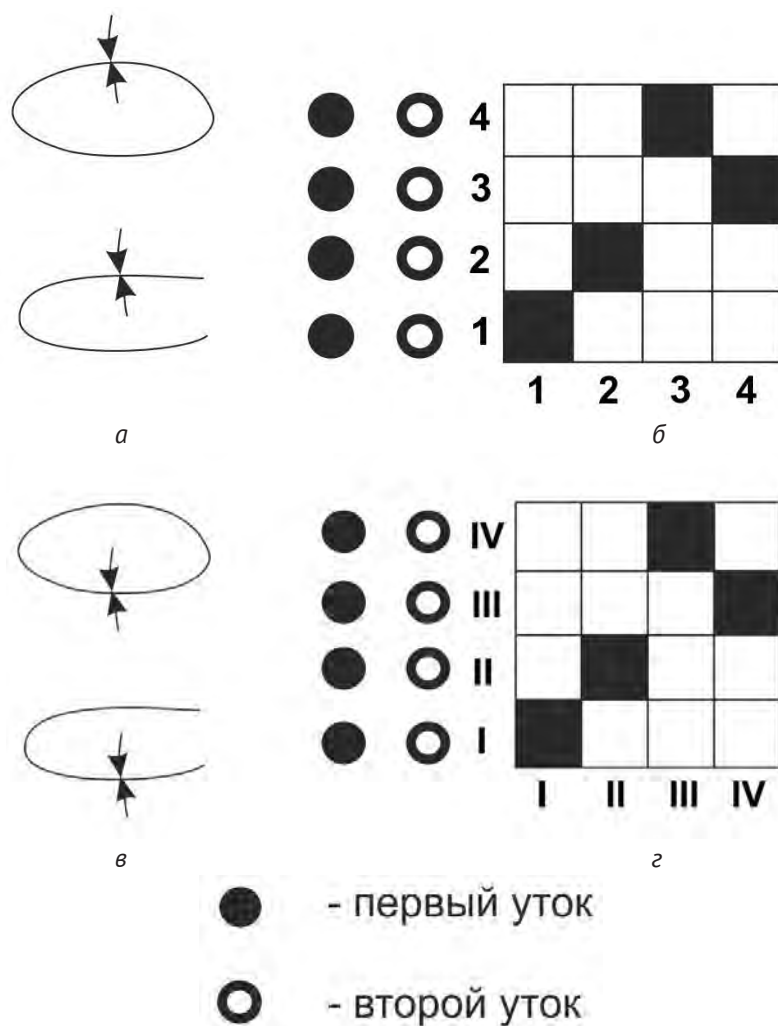


Рисунок 1 – Схемы поперечных разрезов тканей (а, в), переплетения на внешних сторонах тканей в верхнем (б) и нижнем полотнах (г)

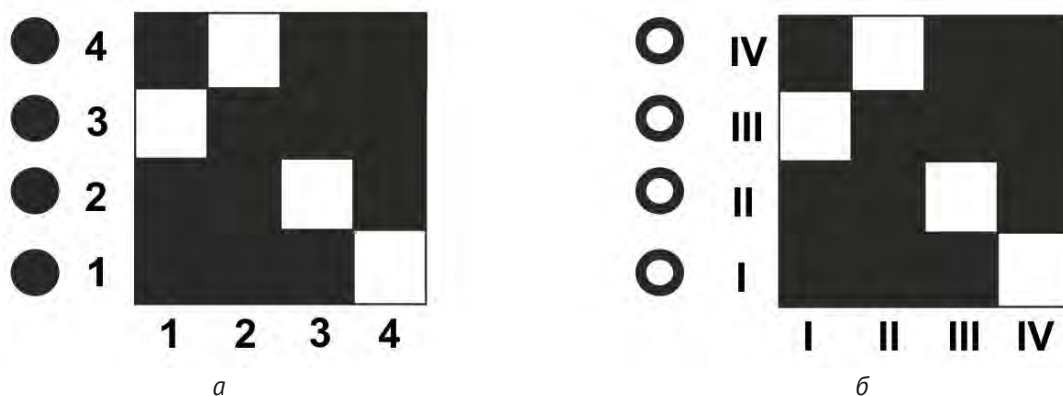


Рисунок 2 – Переплетение внутренней стороны второго утка в верхнем (а) и первого утка в нижнем (б) полотнах

при прокладывании первого и второго утков на внешних сторонах нижнего полотна показаны на рисунке 3. Подъемы верхней основы необходимы для того, чтобы избежать ее зарработку в нижнее полотно.

При построении модельного переплетения, являющегося алгоритмом для управления работой жаккардовой машины, кроме переплетений, используемых в ткани, необходимо учитывать порядок прокладывания утков в полотнах и направление движения челноков, от которых зависит структура ткани: полая или двойной ширины. В работе исследованы все возможные варианты чередования утков, которые заложены в компьютерную программу и которые выбираются пользователем в зависимости от структуры проектируемой ткани.

Поскольку в каждом из полотен переплетение полутораслойное с дополнительным утком, раппорты модельных переплетений в полотне по основе $R_{м.п.о.}$ и по утку $R_{м.п.у.}$ вычисляются по формулам (1), (2).

$$R_{м.п.о.} = \text{Наименьшее общее кратное } R_{о.п.}; \quad (1)$$

$$R_{м.п.у.} = \text{Наименьшее общее кратное } R_{у.п.} \times \text{х (сумма соотношений между утками)}; \quad (2)$$

где $R_{о.п.}$, $R_{у.п.}$ – раппорты по основе и утку соответственно, переплетений, используемых в полотне.

Раппорты модельных переплетений ткани с учетом двух полотен равны: $R_{м.п.о.} = 2R_{м.п.о.}$; $R_{м.п.у.} = 2R_{м.п.у.}$.

На рисунке 4 представлена последовательность нанесения переплетений на площадь раппорта модельного переплетения полой ткани, в полотнах которой использовано одно и то же переплетение – четырехнитный сатин, соотношение между основами и утками – 1:1, чередование утков: первый верхний, первый нижний, второй верхний, второй нижний. Утки расположены в двух челночных коробках, каждая из которых движется справа-налево и слева-направо по замкнутому контуру, поочередно в верхнем и нижнем полотнах.

Методика построения модельного переплетения для тканей двойной ширины та же, что и для полой, отличие будет заключаться в чередовании утков и в цикле движения челноков. На рисунке 5 представлены модельные переплетения полой ткани (а) и ткани двойной ширины (б). Чередование утков в последней: четыре первые уточины (одна верхняя, две нижние, одна верхняя); четыре вторые уточины (одна верхняя, две нижние, одна верхняя). Челночные коробки движутся следующим образом: коробка с первым утком – справа-налево, слева-направо, по такому же циклу движения и челночная коробка со вторым утком. Каждая коробка прокладывает уток сначала в верхнем полотне, затем две уточины – в нижнем и завершают цикл в верхнем полотне. Порядок прокладывания утков в полой ткани и в ткани двойной ширины иллюстрируют

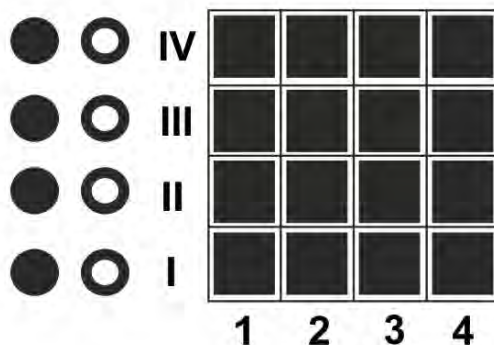


Рисунок 3 – Подъемы верхней основы при прокладывании первого и второго утков в нижнем полотне

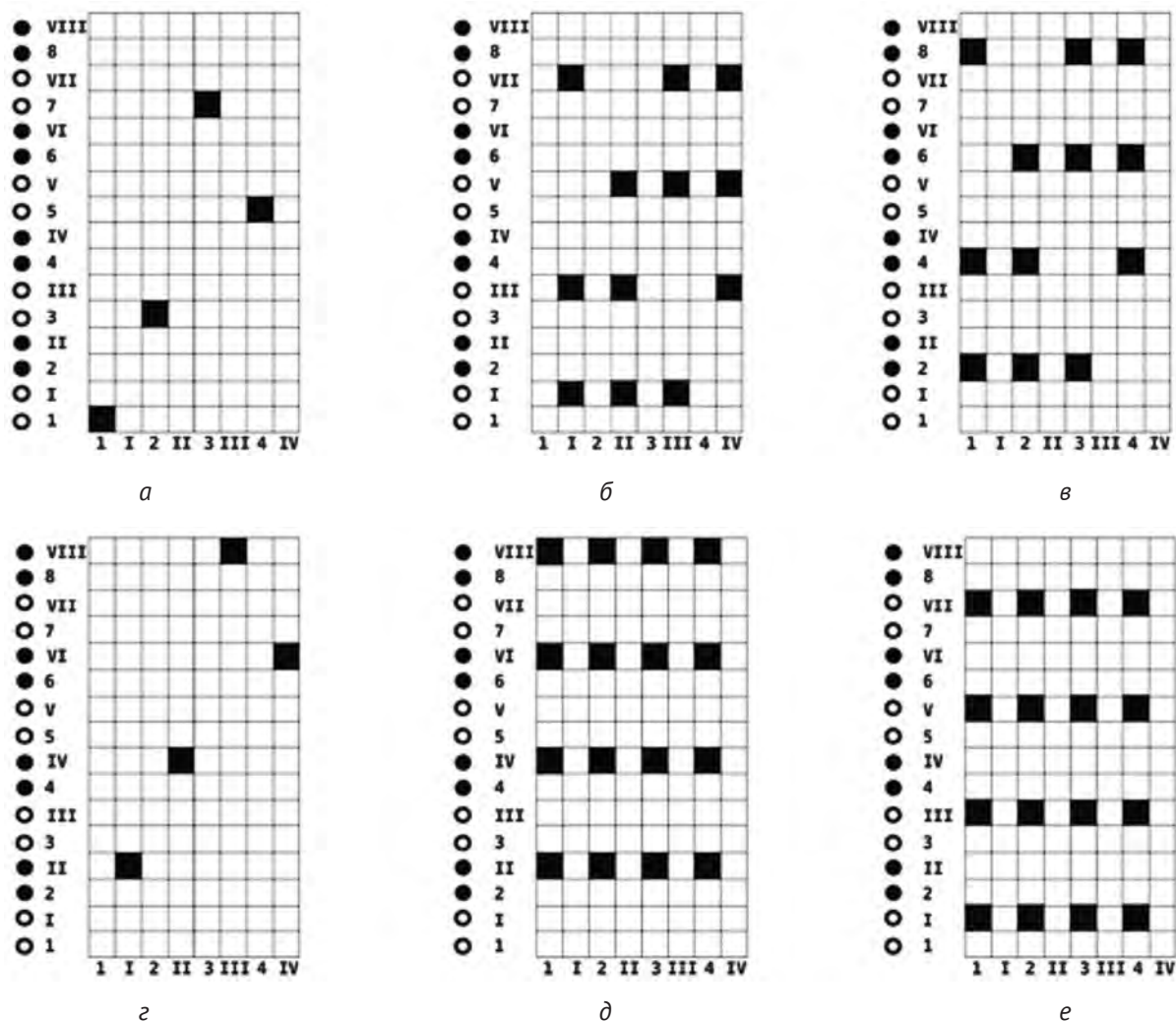


Рисунок 4 – Последовательность нанесения переплетений на площадь раппорта полой ткани:

а) переплетение внешней стороны верхнего полотна, сформированного первым утком; б) переплетение внутренней стороны нижнего полотна, сформированного первым утком; в) переплетение внутренней стороны верхнего полотна, сформированного вторым утком; г) переплетение внешней стороны нижнего полотна, образованного вторым утком; д) подъемы верхней основы при прокладывании второго утка; е) подъемы верхней основы при прокладывании первого утка

поперечные разрезы на рисунке 5 в, г и д, е, соответственно.

Из рисунка 5 видно, что первый уток (в), двигаясь по замкнутому контуру, формирует рисунок на внешних сторонах верхнего и нижнего полотен, второй уток (г) – на внутренних сторонах. В ткани двойной ширины отличие заключается в том, что первый и второй утки переходят из полотна в полотно только с левой стороны (д, е), правые же края остаются не соединенными, что

позволяет после снятия ткани со станка развернуть ее и тем самым увеличить ширину вдвое по сравнению с заправочной шириной ткацкого оборудования.

Разработанные алгоритмы легли в основу компьютерной программы, написанной на языке JavaScript, это связано с тем, что возможностей и производительности данного языка при создании интерфейса требуемой программы достаточно.

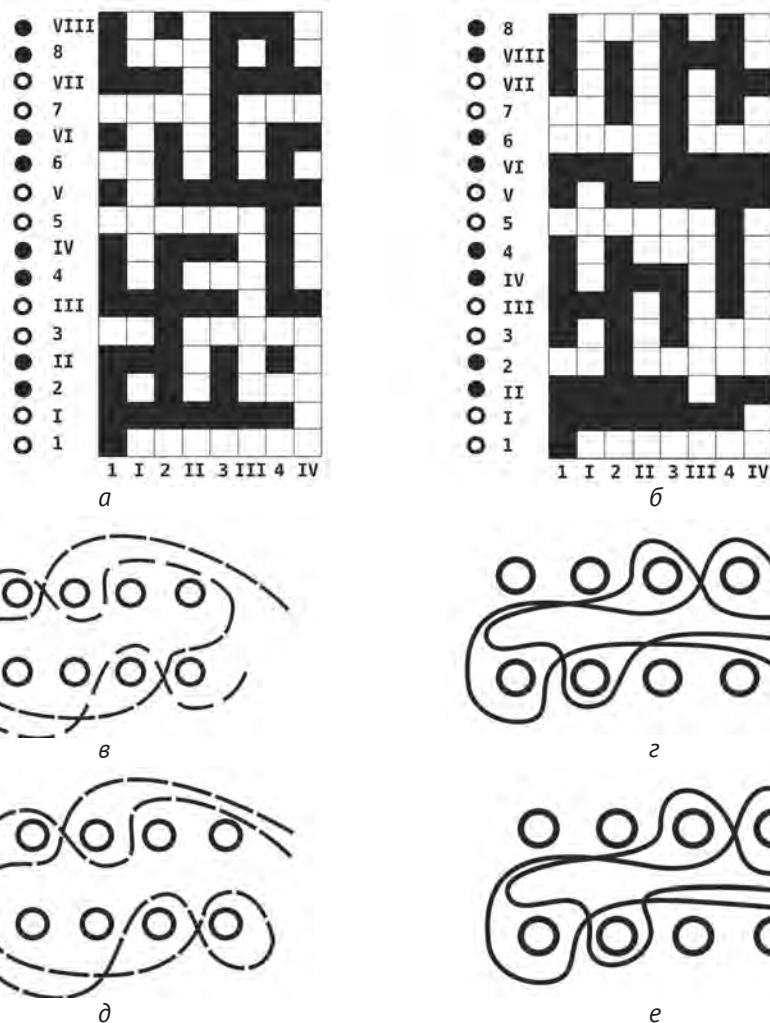


Рисунок 5 – Модельные переплетения, поперечные разрезы полой ткани (а, в, г) и ткани двойной ширины (б, д, е)



Рисунок 6 – Опытные образцы ткани полой структуры (а) и двойной ширины (б)

С использованием спроектированных переплетений наработаны ткани, представленные на рисунке 6.

ВЫВОДЫ

Разработана последовательность прокладывания челноков в верхнем и нижнем полотнах, реализация которой на ткацком станке с электронным управлением позволила получить двулицевые жаккардовые ткани по мотивам слущих поясов полой структуры и двойной ширины и тем самым расширить ассортимент националь-

ных сувенирных текстильных изделий, производимых на РУП «Случские пояса», и это способствует продвижению белорусских брендов на мировой рынок.

Разработанная на языке JavaScript компьютерная программа позволяет в автоматизированном режиме строить модельные переплетения для жаккардовых тканей сложных структур, что значительно сокращает временные затраты на проектирование и запуск в производство текстильных изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лазука, Б. А. (2015), *Случкія паясы і еўрапейскі тэкстыль XVIII стагоддзя. Малы Лексікон*, Мінск, Беларусь, 2015, 170 с.
2. Казарновская, Г. В., Абрамович, Н. А. (2017), *Реконструкция слущих поясов на современном оборудовании: монография*, Витебск, УО «ВГТУ», 2017, 164 с.
3. Казарновская, Г. В., Пархимович, Ю. Н. (2019), Технология получения жаккардовых тканей двойной ширины на челночном ткацком станке, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2019, № 1 (36), С. 39–45.
4. Пархимович, Ю. Н., Казарновская, Г. В. (2019), Коллекция сувенирных изделий по мотивам слущих поясов, *Материалы докладов 52-ой Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*, Витебск, ВГТУ, 2019, в 2 томах. Том 1, С. 77–79.
5. Мартынова, А. А., Черникина, Л. А. (1976), *Лабораторный практикум по строению и проектированию тканей*, Москва, Легкая индустрия, 1976, 295 с.
6. Малецкая, С. В. (2008), *Автоматизированные методы построения рисунков переплетений однослойных тканей: монография*, Димитров-

REFERENCES

1. Lazuka, B. (2015), *Slutskiya payasy i jeuropejsky takstyl XVIII stagodziya. Maly lexikon* [Slutsk belts and European textiles. Small lexicon], Minsk, Belarus, 2015, 170 p.
2. Kazarnovskaya, G., Abramovich, N. (2017), *Rekonstrukciya slutskih pojasov na sovremennom tkackom oborudovanii: monografiya* [Reconstruction of the Slutsk belts on modern weaving equipment: monograph], Vitebsk, VSTU, 2017, 164 p.
3. Kazarnovskaya, G., Parhimovich, Y. (2019), Technology of manufacture jacquard on a modern weaving shuttle machine [Tehnologija polucheniya zhakardovyh tkanej dvojnoj shiriny na chelnochnom tkackom stanke], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2019, № 1 (36), pp. 39–45.
4. Parhimovich, Y., Kazarnovskaya, G. (2019), Collection of souvenirs based on Slutsk belts [Kolekciya suvenirnyh izdelij po motivam sluckih pojasov], *Proceedings of the 52nd International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students*, Vitebsk, VSTU, 2019, in 2 volumes. Volume 1, pp. 77–79.
5. Martynova, A., Chernikina, L. (1976), *Laboratornyj praktikum po strojeniju i projektirovaniju tkanej*

град, ДИТУД УлГТУ, 2008, 204 с.

7. Назарова, М. В. (2006), Автоматизация патронирования жаккардовых тканей, *Сборник научных трудов по ткачеству, посвященный 100-летию со дня рождения Федора Маркиановича Розанова*, Москва, МГТА, 2006, С. 200–202.

[Laboratory workshop on the construction and design of fabrics], Moscow, Light Industry, 1976, 295 p.

6. Maleckaya, S. (2008), *Avtomatizirovannyje metody postrojenija risunkov perepletenij odnoslojnyh zhakardovyh tkanej: monografiya* [Automated methods for constructing single-layer weave patterns: monograph], Dimitrovgrad, DITUD UlSTU, 2008, 204 p.

7. Назарова, М. В. (2006), Automation of patronage of jacquard fabrics [Avtomatizaciya patronirovaniya zhakkardovyh tkanej], *Collection of scientific papers on weaving, devoted to the 100th anniversary of the birth of Fedor Markianovich Rozanov*, Moscow, MGTA, 2006, pp. 200–202.

Статья поступила в редакцию 09. 03. 2020 г.

УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЯ НЕРАВНОМЕРНОГО ОТСЛАИВАНИЯ КЛЕЕВОГО СЛОЯ ГИБКИХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ЖЕСТКОЙ ПЛАСТИНЫ

DEVICE FOR DETERMINING THE FORCE OF UNEVEN PEELING OF THE ADHESIVE LAYER OF FLEXIBLE MATERIALS FROM A RIGID PLATE

УДК 681.17

М.Г. Киселев*, П.С. Богдан, С.Г. Монич, Я.В. Янкина

Белорусский национальный технический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13804>

M. Kiselyov*, P. Bohdan, S. Monich, Ja. Jankina

Belarusian National Technical University

РЕФЕРАТ

ГИБКИЙ КЛЕЯЩИЙСЯ МАТЕРИАЛ, УСИЛИЕ ОТСЛАИВАНИЯ

Одним из важнейших эксплуатационных показателей гибких клеящих материалов является усилие отслаивания от жесткой подложки. Наиболее распространенным методом определения этого параметра является метод неравномерного отслаивания гибкого материала от жесткой пластины под углом 90° . Применяемые на сегодня устройства для определения этого параметра в силу конструктивных особенностей не обеспечивают высокую точность измерения усилия отслаивания. В данной работе теоретически обоснован и экспериментально подтвержден способ определения усилия отслаивания гибкого материала от жесткой пластины с саморегулируемым поддержанием угла отслаивания, равным 90° . В результате проведенных экспериментальных исследований с использованием медицинского пластыря установлено, что разработанное устройство позволяет четко фиксировать и измерять с высокой точностью усилие отслаивания гибкого материала от жесткой пластины с саморегулирующим поддержанием угла отслаивания, равным $90 \pm 3^\circ$.

ABSTRACT

FLEXIBLE ADHESIVES, EXFOLIATION FORCE

One of the most important performance indicators of flexible adhesives is the peeling force from the rigid substrate. The most common method for determining this parameter is the method of uneven peeling of flexible material from a rigid plate at an angle of 90° . Devices used today to determine this parameter do not provide high accuracy of measuring the peeling force due to design features. In this paper, a method for determining the exfoliation force of flexible material from a rigid plate with self-regulating maintenance of the exfoliation angle equal to 90° is theoretically justified and experimentally confirmed. As a result of experimental studies using a medical patch, it was found that the developed device allows clearly recording and measuring with high accuracy the exfoliation force of flexible material from a rigid plate with self-regulating maintenance of the exfoliation angle equal to $90 \pm 3^\circ$.

Статья посвящена созданию устройства определения усилия неравномерного отслаивания клеевого слоя гибких материалов от жесткой пластины, обеспечивающего саморегулируемое поддержание угла отслаивания, равного 90° . Показано, что для реализации этого условия необходимо, чтобы в процессе отслаивания под дей-

ствием тангенциальной составляющей усилия отслаивания, возникающей при отклонении угла отслаивания от 90° , происходило соответствующее перемещение в горизонтальном направлении каретки с пластиной и наклеенным образцом, обеспечивающее восстановление угла отслаивания в 90° . Дано описание конструкции

* E-mail: kiselev.maikl@gmail.com (M. Kiselyov)

каретки с направляющими качения и представлены результаты экспериментов по определению усилия, необходимого для начала ее движения. Приведено описание конструкции созданного устройства определения усилия неравномерного отслаивания клеевого слоя гибких материалов от жесткой пластины. Представлены и проанализированы результаты экспериментов по отслаиванию медицинского пластыря от пластины из стеклотекстолита. Установлено, что движение каретки, обеспечивающее саморегулируемое поддержание угла отслаивания, происходит дискретно с величиной относительного перемещения порядка 3–5 мм, при этом отклонение угла отслаивания от значения 90° в среднем составляет ±3°. Получены осциллограммы, на которых четко фиксируется величина и характер изменения усилия отслаивания за время проведения испытаний, что подтверждает перспективность практического использования созданного устройства как для проведения испытаний, так и для исследования процесса неравномерного отслаивания гибких материалов от жесткой пластины.

ВВЕДЕНИЕ

Гибкие материалы, покрытые с одной стороны тонким липким слоем (адгезивом), находят очень широкое применение в технике, медицине и быту. К ним относятся клейкая лента, или скотч, которая представляет собой узкую гибкую пленку с нанесенным клеевым покрытием. Сама лента изготавливается из бумаги, полиэтилена, ПВХ, фольги и других материалов, а клеящий состав имеет акриловую или каучуковую основу [1, 2]. Клейкая лента является удобным и недорогим материалом, поэтому используется в самых различных целях.

В медицине широко применяются пластыри, которыми, согласно [3], называют перевязочные средства пластырного типа, представляющие собой основу из полимерных или текстильных материалов, покрытых с одной стороны тонким липким слоем (адгезивом) пластырной массы натурального или синтетического происхождения, которая может включать в себя лекарственные вещества.

Важным эксплуатационным показателем данных изделий является их адгезионная прочность, которая оценивается величиной приложенного

внешнего усилия, приводящего к разрушению адгезионного соединения. Для определения этого параметра используются различные методы [3–6], среди которых наибольшее распространение получили методы неравномерного отрыва (отслаивания, расслаивания). Общим признаком для них является то, что нарушение связи между адгезивом и субстратом происходит за счет внешнего усилия, прикладываемого не к центру соединения, а к одному его краю, в результате чего связь нарушается постепенно. Разделение двух гибких материалов называют расслаиванием, а отделение гибкого материала от жесткого – отслаиванием. На рисунке 1 приведены схемы испытаний гибких материалов методом неравномерного отрыва.

Методы неравномерного отрыва позволяют выявить колебания в величине адгезии на отдельных участках испытуемого образца и обеспечивают достаточно хорошую воспроизводимость результатов, по которым рассчитывается значение удельной силы отслаивания $F_{отс}$ по формуле

$$F_{отс} = \frac{F_{отс\ max}}{b}, \quad (6)$$

где $F_{отс\ max}$ – максимальная сила отслаивания пробной полоски, Н; b – ширина отслаиваемого участка пробной полоски, м.

На сегодня известны различные конструкции устройств для проведения испытаний по отслаиванию гибких материалов [7–9]. Следует подчеркнуть, что при их проведении по схеме, представленной на рисунке 1 а, для сохранения постоянного угла отслаивания, равного 90°, в конструкции устройств предусматривается узел, обеспечивающий равенство скорости перемещения свободного конца образца в вертикальном направлении (V_v) и скорости перемещения жесткой подложки в горизонтальном направлении (V_h). Достигается это путем применения соответствующей кинематической связи между приводом перемещения свободного конца образца в вертикальном направлении и приводом перемещения жесткой подложки в горизонтальном направлении.

Однако наличие такой связи оказывает суще-

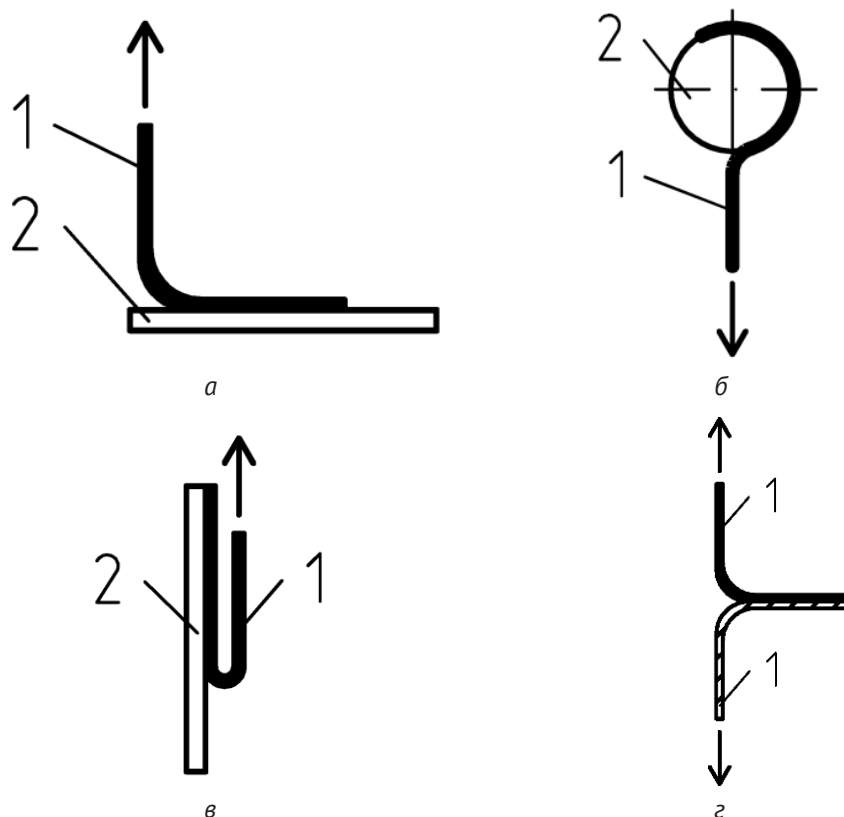


Рисунок 1 – Схемы испытаний по отслаиванию гибкого материала 1 от жесткой подложки 2 под углом 90° (а, б) и под углом 180° (в) и по расслаиванию гибких материалов (г)

ственное влияние на условия отрыва гибкого образца от жесткой подложки, и, в первую очередь, на колебания усилия отрыва, обусловленными дискретностью нарушения адгезионной связи и упругими деформациями свободного конца материала образца в процессе его отслаивания.

Очевидно, для устранения этого недостатка необходимо использовать устройства, в которых в процессе отслаивания образца от жесткой подложки обеспечивается саморегулируемое поддержание угла отслаивания, равного 90° , что позволит повысить точность определения усилия отслаивания.

Исходя из этого, цель данной работы заключалась в создании такого устройства и экспериментальном подтверждении возможностей его практического применения для проведения испытаний по определению усилия неравномерного отслаивания гибких материалов от жесткой подложки, имеющей форму пластины.

Разработка и создание устройства определения сопротивления отслаиванию гибких материалов от жесткой пластины с саморегулируемым поддержанием угла отслаивания 90°

Как известно [10–11], при приложении внешнего усилия к одному концу испытуемого гибкого материала под его действием в адгезионном соединении возникают нормальные и тангенциальные напряжения, приводящие к его разрушению. Учитывая это, обратимся к схеме действия сил в адгезионном соединении (рисунок 2) жесткой пластины 2, закрепленной на каретке 1, установленной на направляющих качения 4, с наклеенным на ее поверхности гибким материалом 3. К его свободному концу приложено внешнее усилие отслаивания $F_{отс}$, действующее под углом $\Delta\alpha$ к вертикали, который незначительно отличается от 90° .

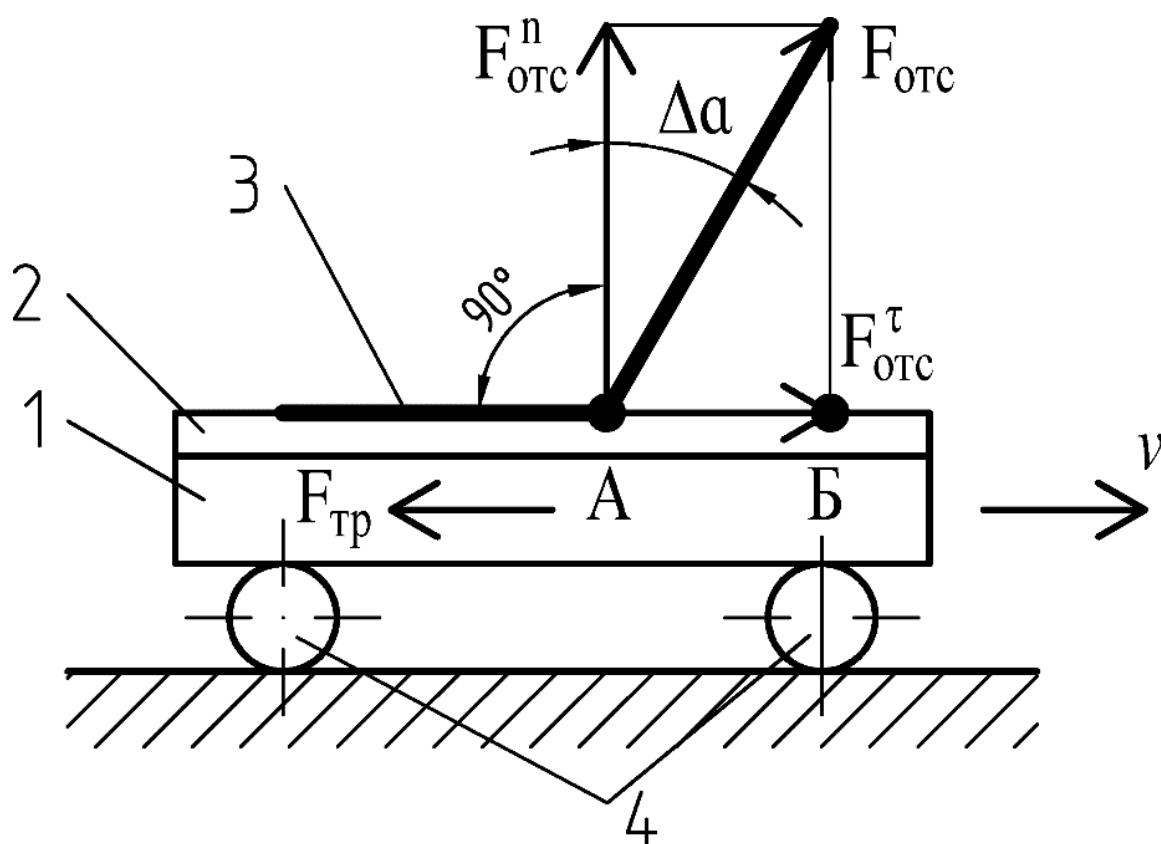


Рисунок 2 – Схема действия сил в адгезионном соединении жесткой пластины с наклеенным на её поверхности гибким материалом при приложении к его свободному концу усилия отслаивания под углом $\Delta\alpha$ к вертикали

В этом случае усилие отслаивания $F_{отс}$ может быть разложено на две составляющие: нормальную $F_{отс}^n$, действующую под углом 90° к поверхности жесткой пластины, и тангенциальную $F_{отс}^\tau$, направленную горизонтально. Величины этих составляющих усилия отслаивания определяются по следующим зависимостям

$$F_{отс}^n = F_{отс} \cdot \cos \alpha / 2, \quad (2)$$

$$F_{отс}^\tau = F_{отс} \cdot \sin \alpha / 2. \quad (3)$$

Очевидно, чтобы происходило саморегули-

руемое поддержание угла отслаивания, равного 90° , необходимо, чтобы в процессе отслаивания каретка вместе с пластиной и наклеенным образцом под действием тангенциальной составляющей усилия отслаивания $F_{отс}^\tau$ переместилась из точки А в точку Б. Для этого величина $F_{отс}^\tau$ должна превышать значение сил трения $F_{тр}$, действующих в направляющих каретки, то есть $F_{отс}^\tau > F_{тр}$. При этом следует учитывать, что $F_{тр}$ представляет собой силу трения покоя, и её величина соответствует моменту перехода каретки из неподвижного состояния к движению вдоль горизонтальной оси. Очевидно, это перемещение каретки не будет равномерным, что обусловлено дискретным характером разрушения адгезионного соединения, а величина и частота ее перемещения будут определяться со-

отношением между величиной тангенциальной составляющей силы отслаивания $F_{отс}^{\tau}$ и максимальной величиной силы трения покоя $F_{трmax}^{\tau}$. При прочих равных условиях значение $F_{трmax}^{\tau}$ определяется потерями на трение в направляющих качения каретки.

Для её определения была проведена отдельная серия экспериментов, сущность которых поясняется схемой, представленной на рисунке 3.

Конструкция каретки имеет две неподвижные стальные оси 6, на концах которых установлены по два радиальных шарикоподшипника 5 и 8. Один из них (5) имеет больший наружный диаметр и контактирует с пластиной, закреплённой на основании 7, а второй (8), имеющий меньший диаметр, контактирует с прижимной планкой 9, что исключает смещение каретки в вертикальном направлении в процессе проведения экспериментов по отслаиванию.

Определение величины усилия, необходимого для перемещения каретки, осуществлялось следующим образом. Один конец жесткой нити 2, переброшенный через вращающийся блок 3,

прикреплялся к корпусу каретки 1 массой 400 г, а на другом её конце подвешивался пластмассовый цилиндр шприца однократного применения емкостью 20 мл с закрытым с помощью пластины выходным отверстием.

При неподвижном состоянии каретки с помощью шприца, заполненного водой, последняя медленно выдавливалась в полость цилиндра, подвешенного на нити, связанной с кареткой. В момент начала её движения фиксировалась масса воды в полости цилиндра, которая в сумме с массой цилиндра соответствовала значению усилия, необходимого для начала движения (трогания) каретки. В результате десятикратного повторения этих экспериментов при различном расположении каретки по длине направляющих установлено среднее значение усилия, необходимого для начала её движения, которое составило 0,12 Н. Исходя из этого, в конструкцию устройства для определения усилия отслаивания, введён узел предварительного нагружения каретки усилием 0,12 Н.

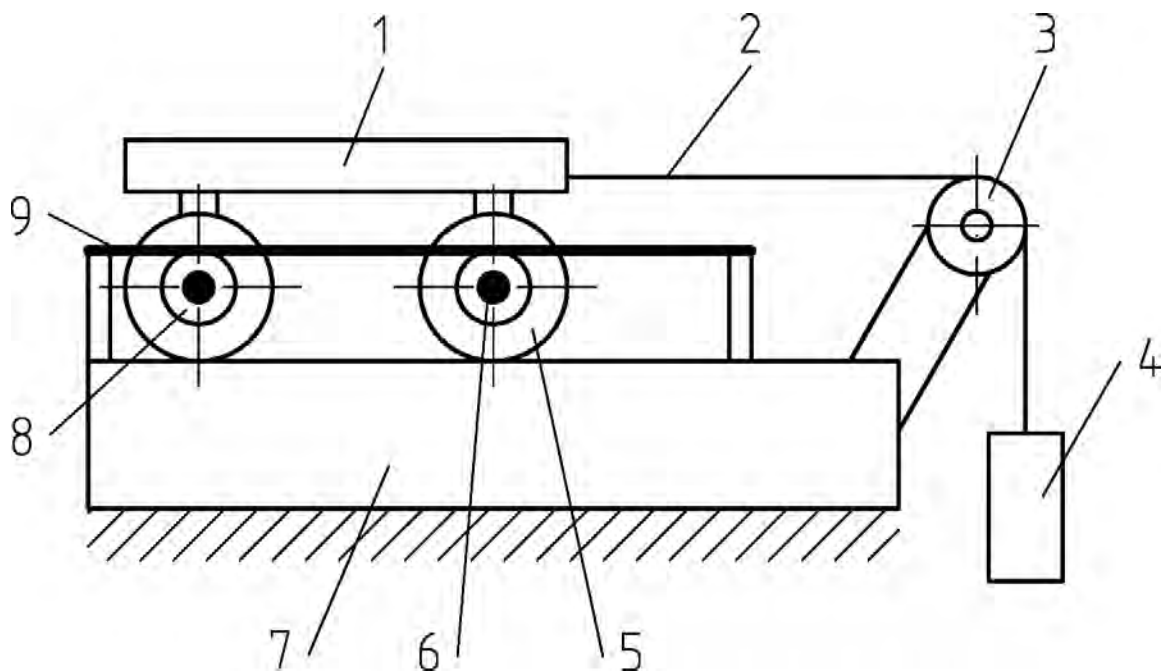


Рисунок 3 – Основные элементы подвижной каретки и схема определения усилия, необходимого для начала её движения

На рисунке 4 приведена принципиальная схема созданного устройства определения усилия отслаивания образца гибкого материала от жесткой пластины с саморегулируемым поддержанием угла отслаивания.

На массивном основании 1 на подшипниках качения 16 смонтирована подвижная горизонтальная каретка 2, на которой с помощью резьбовых прихватов закреплена жесткая пластина 3. На её поверхности приклеен испытуемый образец гибкого материала 4, свободный конец которого закреплен в захвате 5. Посредством зацепов 6 последний жестко связан с тензометрическим датчиком усилия 7, который закреплен на каретке 8. На вертикальной стойке 14 устройства, которая для придания ей большей жесткости дополнительно соединена с основанием планкой 15, закреплен электродвигатель

постоянного тока 10 с встроенным редуктором, вал которого посредством муфты 11 соединён с ходовым винтом 12. При вращении последнего с помощью передачи «винт-гайка» 13 каретке сообщается поступательное движение в направлении вертикальной оси по направляющим скольжения 9, которое создаёт усилия отслаивания испытуемого образца от жесткой пластины. Величина этого усилия за время отслаивания фиксируется тензометрическим датчиком и далее через усилитель подаётся на цифровой запоминающий осциллограф UTD2052CL. Изменение направления движения каретки обеспечивается реверсированием вращения вала электродвигателя, а регулирование скорости её движения – изменением напряжения, подаваемого на него от блока питания UT3005E-3.

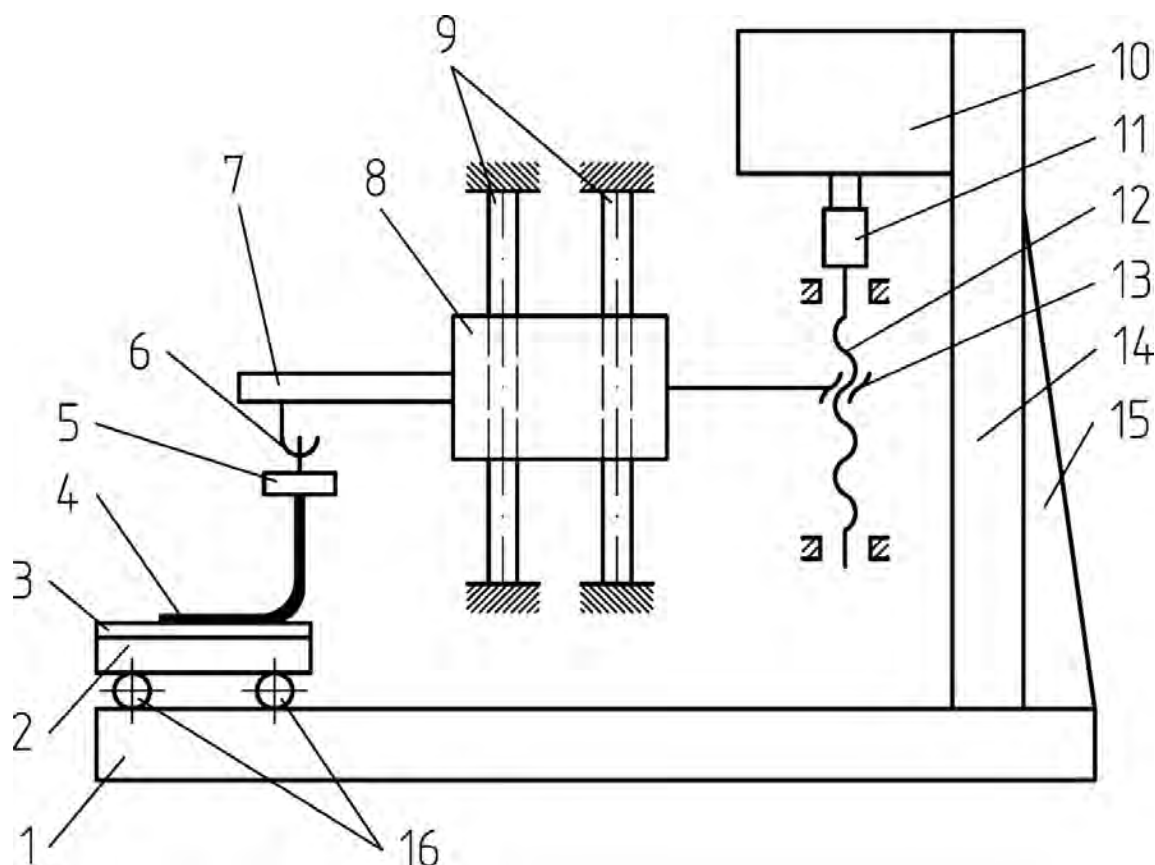


Рисунок 4 – Принципиальная схема устройства определения усилия неравномерного отслаивания образца гибкого материала от жесткой пластины с саморегулируемым поддержанием угла отслаивания 90°

Тарировка измерительной системы осуществляется путем подвешивания аттестованных грузов к захвату, связанному с тензометрическим датчиком усилия. В результате её проведения устанавливается количественная зави-

симость между массой грузов и показаниями осциллографа.

Фотография общего вида созданного устройства с указанием его основных элементов представлена на рисунке 5.

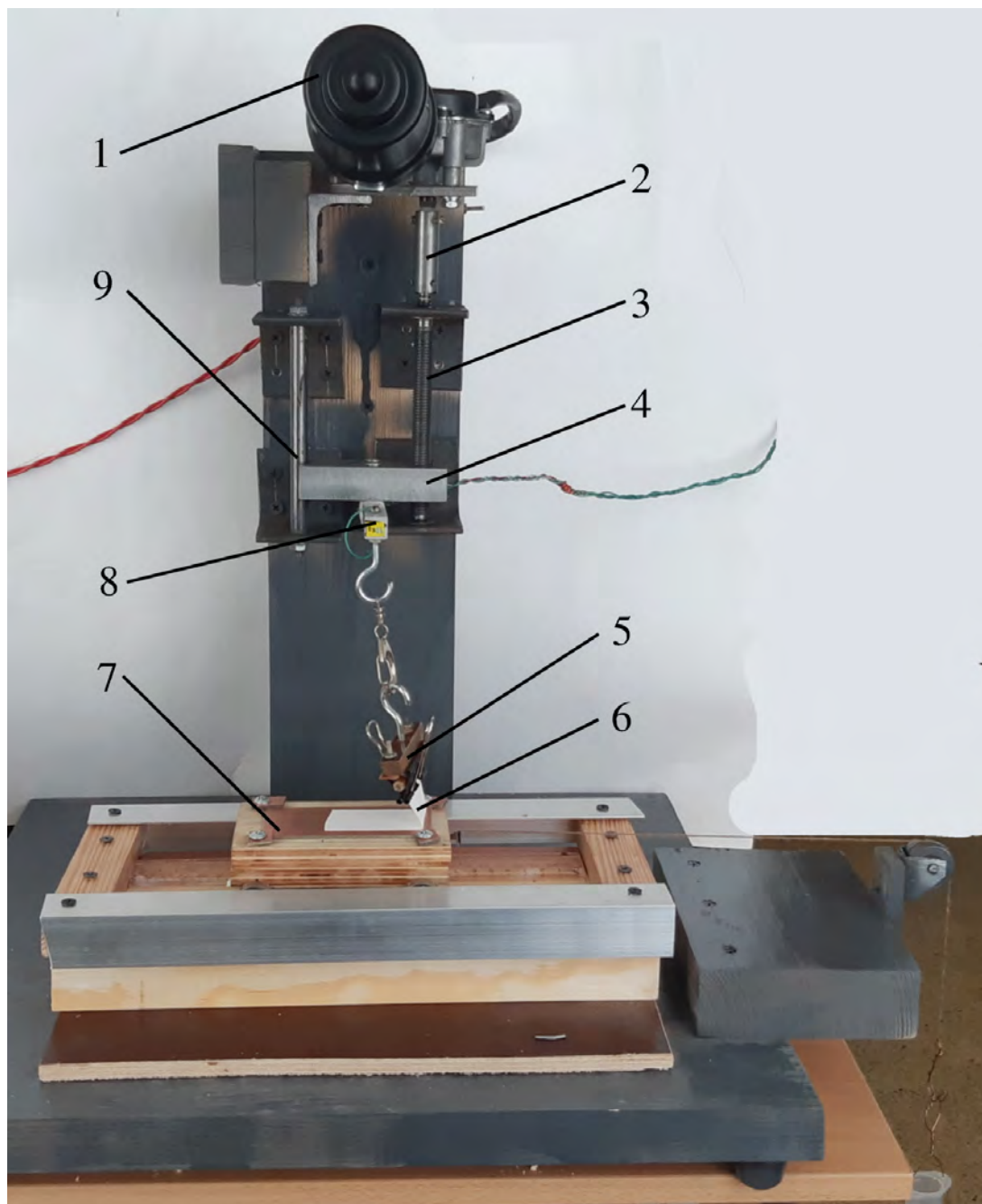


Рисунок 5 – Фотография общего вида созданного устройства:

1 – электродвигатель постоянного тока; 2 – муфта; 3 – ходовой винт; 4 – каретка вертикальная; 5 – захват; 6 – образец испытуемого пластыря; 7 – подвижная горизонтальная каретка; 8 – тензометрический датчик усилия; 9 – направляющие скольжения

Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение

Объектом испытания служил медицинский лейкопластырь на основе хлопчатобумажной ткани шириной 30 мм. Предварительно из катушки нарезались образцы пластыря длиной 100 мм. В качестве жесткого основания использовалась пластина из фольгированного медью стеклотекстолита, поверхность которой перед каждым экспериментом тщательно обезжиривалась с помощью тампона, смоченного ацетоном. Затем на эту поверхность наклеивался образец пластыря с получением клеевого соединения длиной 60 мм, которое с помощью стального цилиндра массой 1 кг прокатывалось пять раз в одну сторону и пять раз в другую. После этого пластина с испытуемым образцом пластыря с помощью винтовых прихватов закреплялась на горизонтальной каретке устройства. Свободный конец образца наматывался на оправку диаметром 7 мм, которая затем неподвижно фиксировалась в пружинном зажиме.

По завершению этих подготовительных действий на блоке питания устанавливалось необходимое значение напряжения питания электродвигателя, которому соответствует требуемая скорость перемещения свободного конца образца испытуемого пластыря. Затем включался электродвигатель на выполнение процедуры отслаивания образца испытуемого пластыря от пластины с непрерывной регистрацией на экране осциллографа усилия отслаивания за время проведения эксперимента. Одновременно весь процесс отслаивания фиксировался с помощью цифровой видеокамеры Panasonic VT160.

В результате анализа полученных видеоматериалов установлено, что в процессе отслаивания перемещение каретки в горизонтальном направлении, которое обеспечивает саморегулируемое поддержание угла отслаивания, происходит дискретно. Это объясняется дискретным характером разрушения адгезионных связей в соединении пластыря с пластиной, что, в свою очередь, приводит к возникновению переменных упругих деформаций свободного участка пластыря под действием приложенного к его концу растягивающего усилия. Величина однократного перемещения каретки составляет порядка 3–5 мм, а частота их следования зависит

от скорости отслаивания, с увеличением которой она возрастает. При этом количество дискретных перемещений каретки за время испытания остается практически неизменным и составляет 20–25 раз.

Измерения по полученным фотографиям угла отслаивания в процессе проведения испытаний (рисунок 6) показали, что его отклонение от значения 90° в среднем составляет $\pm 3^\circ$, что свидетельствует о высокой эффективности предложенного способа его саморегулируемого поддержания в процессе неравномерного отслаивания гибкого материала от жесткой пластины.

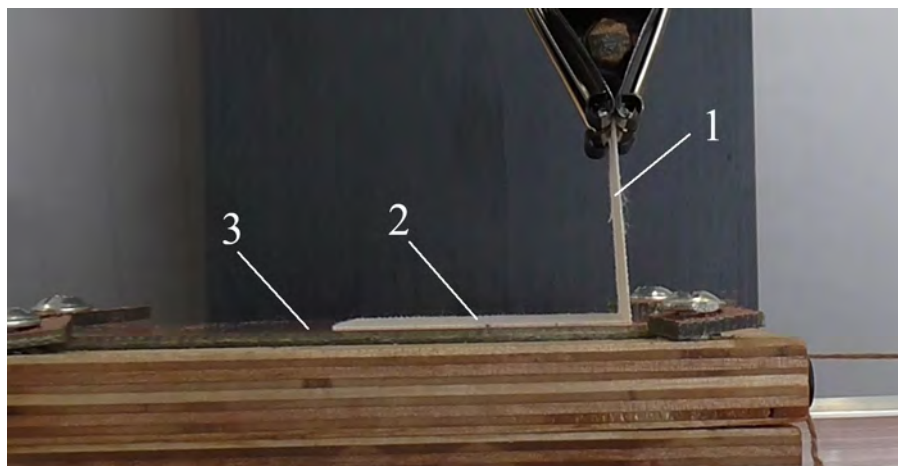
На рисунке 7 приведены экспериментально полученные осциллограммы изменения усилия отслаивания образца испытуемого пластыря от поверхности пластины при трех значениях скорости отслаивания $V_{омс}$.

Анализ представленных осциллограмм свидетельствует о том, что применение созданного устройства с саморегулируемым поддержанием угла отслаивания позволяет четко фиксировать величину и характер изменения усилия отслаивания за время проведения испытания. В частности, определить амплитуду и частоту колебаний усилия отслаивания, значения которых с увеличением скорости отслаивания возрастают.

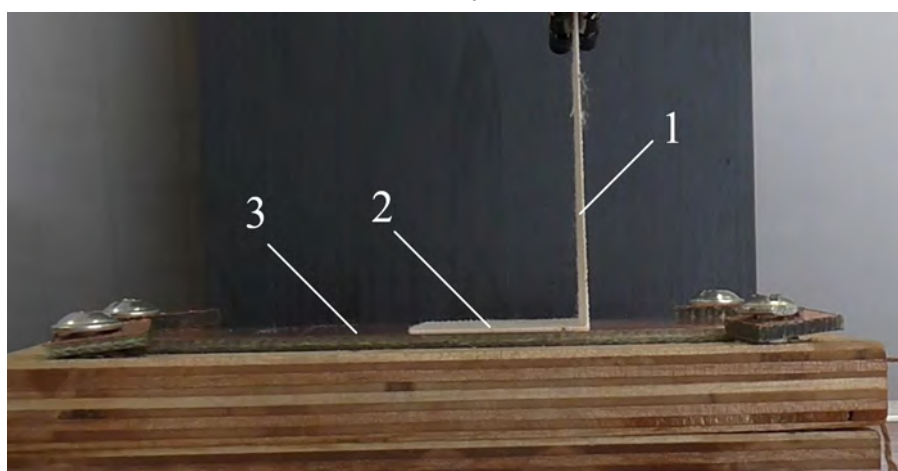
Таким образом, результатами проведенных экспериментальных исследований подтверждена целесообразность практического использования, созданного устройства с саморегулируемым поддержанием требуемого угла отслаивания как для проведения испытаний, так и для исследования процесса отслаивания гибких материалов от жесткой пластины под углом 90° .

ВЫВОДЫ

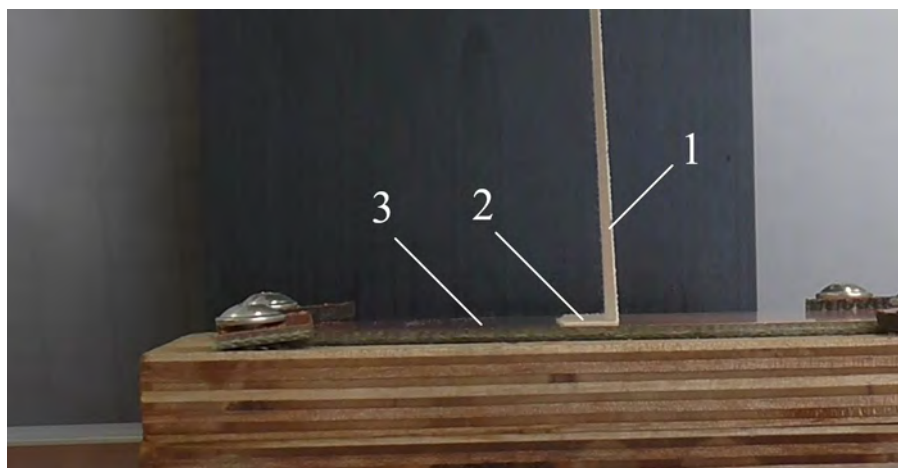
1. Показано, что в процессе неравномерного отслаивания гибкого образца от жесткой пластины при отклонении направления усилия отслаивания $F_{омс}$ от 90° возникает тангенциальная составляющая этого усилия $F_{омс}^r$, которая может быть использована для саморегулируемого поддержания угла отслаивания, равного 90° . Для этого необходимо, чтобы под действием $F_{омс}^r$ произошло перемещение жесткой пластины в горизонтальном направлении на величину, при которой угол отслаивания станет равным 90° , а $F_{омс}^r$ примет нулевое значение.



а



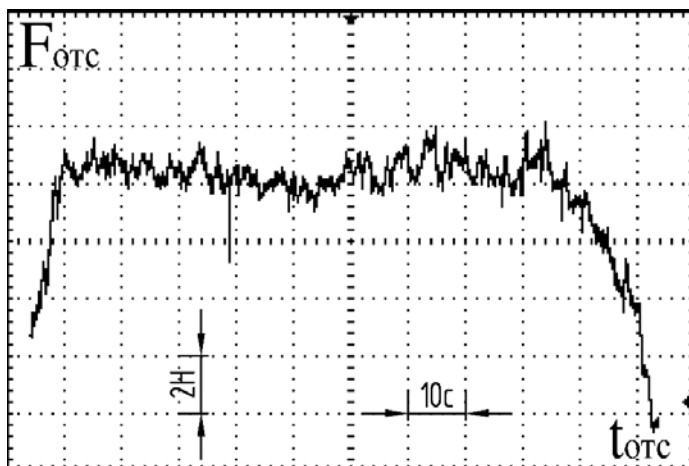
б



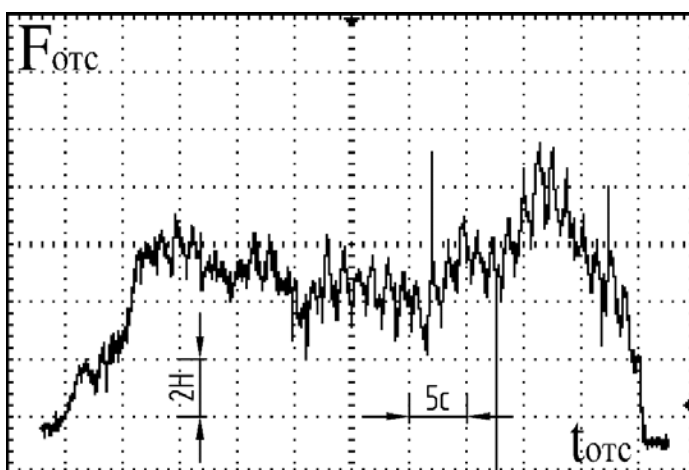
в

Рисунок 6 – Фотографии положения свободного конца испытуемого пластыря относительно вертикали на различных стадиях его отслаивания от жесткой пластины:

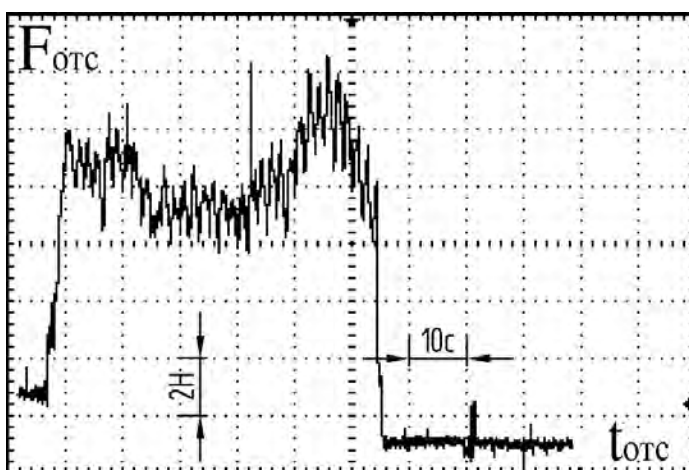
1 – свободный конец пластыря; 2 – наклеенный участок пластыря; 3 – жесткая пластина;
а – при величине отслаивания 10 мм; б – при величине отслаивания 20 мм; в – при величине отслаивания 30 мм



а



б



в

Рисунок 7 – Осциллограмма изменения усилия отслаивания образца испытуемого пластира от поверхности пластины при трех значениях скорости отслаивания $V_{отс}$:

а – $V_{отс} = 36 \text{ мм/мин}$; б – $V_{отс} = 72 \text{ мм/мин}$; в – $V_{отс} = 108 \text{ мм/мин}$

2. Для реализации этого требования предложено закрепить жёсткую пластину с наклеенным на её поверхности испытуемым образцом гибкого материала на подвижной каретке, установленной на направляющих качения, обеспечивающих её перемещение в горизонтальном направлении с малой величиной сил трения. В результате в момент, когда $F_{омс}^r$ превышает величину силы трения покоя каретки $F_{трmax}^r$, произойдет её саморегулируемое перемещение в горизонтальном направлении на величину, при которой составляющая усилия отслаивания $F_{омс}^r$ станет равной нулю, а угол отслаивания составит 90° .

3. Создано устройство определения усилия неравномерного отслаивания образца гибкого материала от жесткой пластины, которая крепится на подвижной в горизонтальном направлении каретке, установленной на направляющих качения, обеспечивающих, благодаря малой величине сил трения, саморегулируемое поддержание в процессе испытания угла отслаивания, равного 90° .

4. По результатам проведенных экспериментальных исследований установлена средняя по десяти измерениям величина усилия, прикладываемого к каретке массой 400 г в горизонтальном направлении, необходимого для начала её движения, которая составила 0,12 Н.

5. В результате анализа видеоматериалов протекание процесса неравномерного отслаивания образца медицинского пластыря от поверхности пластины из стеклотекстолита установлено, что перемещение каретки, обеспечивающее саморегулируемое поддержание требуемого угла отслаивания, равного 90° , происходит дискретно с величиной шага перемещения от 3 до 5 мм. При этом максимальное отклонение угла отслаивания от 90° составляет $\pm 3^\circ$, что свидетельствует о возможности практического использования предложенного метода саморегулируемого поддержания требуемого угла отслаивания.

6. С использованием созданного устройства проведена серия экспериментов по неравномерному отслаиванию образца медицинского пластыря от пластины из стеклотекстолита при трех значениях скорости отслаивания. Получены осциллограммы, на которых четко фиксируется величина и характер изменения усилия отслаивания $F_{омс}^r$ за время проведения испытания, включая амплитуду и частоту колебаний $F_{омс}^r$ при различной скорости отслаивания. В результате подтверждена перспективность практического применения созданного устройства с саморегулируемым поддержанием угла отслаивания в 90° как для проведения испытаний, так и для исследования процесса неравномерного отслаивания гибких материалов от жесткой пластины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 53498-2013. *Изделия медицинские пластырного типа. Общие технические требования. Методы испытаний*, введ. 05.01.20, (2019), Москва, Стандартинформ.
2. ГОСТ 28966.2-91. *Клеи полимерные. Метод определения прочности при отслаивании*, введ. 01.01.92, (2004), Москва, Издательство стандартов.
3. ГОСТ Р 57832-2017. *Композиты полимерные. Определение сопротивления отслаиванию*

REFERENCES

1. GOST R 53498-2013. *Medical devices of adhesive type. General technical requirements. Test methods*, vved. 05.01.20, (2019), Moscow, Standartinform.
2. GOST 28966.2-91. *Polymer adhesives. Method for determination of peeling strength*, vved. 01.01.92, (2004), Moscow, Izdatel'stvo standartov.
3. GOSTR 57832-2017. *Polymer composites. Determination of peeling resistance of high-strength adhesive joints by the floating roller method*, vved. 01.06.18, (2017), Moscow,

высокопрочных клеевых соединений методом плавающего ролика, введ. 01.06.18, (2017), Москва, Стандартинформ.

4. Орлов, Е. В., Гусев, Ю. А., Хрульков, А. В., Коротков, И. А. (2016), Сравнительный анализ методов определения липкости препрега, *Труды ВИАМ*, 2016, № 7(43), С. 77–83.
5. Попов, А. Г., Петрова, О. Л., Кузнецов, С. В., Рогов, В. Н. (2018), Приспособление для проведения испытаний по определению прочности при отслаивании гибких материалов от основы: пат. RU 2671553C1 РФ; МПКG01N 19/04, дата публ.: 2018.11.01.
6. Liu, Z., Tang, P., Huang, Y., Yin, Z. (2014), Experimental estimation of adhesive fracture energy of compliant adhesive tape, *15th International Conference on Electronic Packaging Technology*, Chengdu, 2014, pp. 842–846.
7. Crossley, R. J., Schubel, P. J., Warrior, N. A. (2012), The experimental determination of prepreg tack and dynamic stiffness. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2012, Vol. 43, № 3, pp. 423–434.
8. Yoshiki Sugizaki, Takaaki Shiina, Yoshimi Tanaka, Atsushi Suzuki (2016), Effects of peel angle on peel force of adhesive tape from soft adherend, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 2016, Vol. 30, pp. 2637–2654.
- Standartinform.
4. Orlov, E. V., Gusev, Ju. A., Hrul'kov, A. V., Korotkov, I. A. (2016), Comparative analysis of methods for determining the stickiness of prepreg [Sravnitel'nyj analiz metodov opredelenija lipkosti preprega], *Trudy VIAM – Proceedings of VIAM*, 2016, № 7(43), pp. 54–57.
5. Popov, A. G., Petrova, O. L., Kuznecov, S. V., Rogov, V. N. (2018), Prispособlenie dlja provedenija ispytanij po opredeleniju prochnosti pri otslaivanii gibkih materialov ot osnovy [The device for testing to determine the strength when peeling flexible materials from the base], pat. RU 2671553C1 RF: MPKG01N 19/04; publ. date: 2018.11.01.
6. Liu, Z., Tang, P., Huang, Y., Yin, Z. (2014), Experimental estimation of adhesive fracture energy of compliant adhesive tape, *15th International Conference on Electronic Packaging Technology*, Chengdu, 2014, pp. 842–846.
7. Crossley, R. J., Schubel, P. J., Warrior, N. A. (2012), The experimental determination of prepreg tack and dynamic stiffness. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2012, Vol. 43, № 3, pp. 423–434.
8. Yoshiki Sugizaki, Takaaki Shiina, Yoshimi Tanaka, Atsushi Suzuki (2016), Effects of peel angle on peel force of adhesive tape from soft adherend, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 2016, Vol. 30, pp. 2637–2654.

Статья поступила в редакцию 01. 04. 2020 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНВЕКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

MODERNIZATION OF CONVECTIVE HEATING SURFACE OF WATER BOILERS

УДК 678.5

С.М. Кузьменков^{1*}, В.В. Дрюков¹, А.А. Котов¹,
В.Ю. Мовсесян²

¹ Витебский государственный технологический университет

² Котельная «Южная» ОАО «Витязь»

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13805>

S. Kuzmenkov^{1*}, V. Dryukov¹, A. Kotow¹,
U. Mausesian²

¹ Vitebsk State Technological University

² Boiler center «Yuzhnaya» of JSC «Vityaz»

РЕФЕРАТ

ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ, КОНВЕКТИВНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ, ТЕПЛОВОЙ ПОТОК

Объектом исследований является конвективная поверхность нагрева водогрейных котлов.

Целью работы является теплотехнический проектировочный расчет вариантов модернизации конвективной поверхности нагрева водогрейных котлов КВГМ-100.

В результате выполненных расчетов по предложенной методике показано, что замена в конвективном пучке котельного агрегата КВГМ-100 гладких труб наружным диаметром 28 мм на оребренные трубы наружным диаметром 38 мм позволяет повысить плотность передаваемого теплового потока в 30 раз. Такая эффективность теплообмена в конвективном пучке обеспечит повышение КПД котла в целом и, следовательно, снижение потребления топлива котельной.

ABSTRACT

CONVECTIVE HEATING SURFACE, WATER BOILERS, HEAT FLOW

The research object is the convective heating surface of water boilers.

The purpose of the work is heat engineering design calculation of the options for upgrading the convective heating surface of the KVGМ-100 boilers.

As a result of the calculations performed according to the proposed methodology, it is revealed that replacing smooth pipes with an outer diameter of 28 mm in the convective bundle of the KVGМ-100 boiler unit with finned tubes with an outer diameter of 38 mm can increase the density of the transmitted heat flux by 30 times. Such heat transfer efficiency in a convective beam will increase the efficiency of the boiler as a whole and, consequently, reduce the boiler fuel consumption.

В настоящее время в Республике Беларусь вопросы экономического развития страны и её энергетической безопасности тесно связаны с энергоэффективностью. При этом большое количество энергоресурсов потребляется котельными, оборудованными водогрейными котлами КВГМ, следовательно, их модернизация должна обеспечить существенный экономический эффект.

Целью работы является теплотехнический проектировочный расчет вариантов модернизации конвективной поверхности нагрева во-

догрейных котлов КВГМ-100, установленных, в частности, на котельной «Южная» (г. Витебск).

Водогрейные стационарные котлы КВГМ-100 теплопроизводительностью 116,3 МВт предназначены для получения горячей воды с номинальной температурой 150°С, используемой в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения промышленного и бытового назначения, а также для технологических целей. Котлы имеют П-образную компоновку, топочную камеру ($L = 6208$ мм) и конвективную шахту ($L = 3200$ мм). На котельной «Южная» установ-

* E-mail: tiomp.vstu@mail.ru (S. Kuzmenkov)

лены 5 водогрейных котлов КВГМ-100 (рисунок 1).

В настоящее время на основе практики эксплуатации признано, что конвективная поверхность нагрева из труб 28×3 мм в водогрейных котлах КВГМ является их конструктивно наиболее слабым местом. Её модернизация позволит достичь существенной экономии топлива, а также увеличить эксплуатационную надежность и ресурс работы конвективной поверхности.

При установившемся режиме работы котла теплообмен через конвективные поверхности нагрева остается стабильным, поэтому при разработке математической модели можно считать процесс стационарным.

Интенсивность переноса тепла через стенку трубы может быть определена согласно уравнению теплопередачи

$$q_l = \pi \cdot k_l \cdot (t_{ж1} - t_{ж2}), \text{ Вт/м} \quad (1)$$

где $t_{ж1}, t_{ж2}$ – температура соответственно горячей и холодной среды, °С; k_l – линейный коэффициент теплопередачи, $\text{Вт/м} \cdot \text{град}$:

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda_{cm}} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}}; \quad (2)$$

где α_1, α_2 – в общем случае суммарные коэффициенты теплоотдачи с внутренней и наружной стороны трубы, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$; d_1, d_2 – внутренний и наружный диаметры трубы, м; λ_{cm} – коэффициент теплопроводности материала трубы,



Рисунок 1 – Котлы КВГМ-100 на котельной «Южная» (г. Витебск)

для стальных труб $\lambda_{ст} = 45 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$.

В процессе теплопереноса от дымовых газов к воде в конвективном пучке котла основную роль играет конвективный теплообмен, однако конвективные пучки получают теплоту не только путем конвективного теплообмена, но и посредством тепловосприятия прямого излучения топки. При расчете такой поверхности нагрева необходимо учитывать интенсивность теплоотдачи от газов к поверхности труб пучка как за счет конвективного теплообмена, так и за счет теплообмена излучением. В этом случае суммарный коэффициент теплоотдачи

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_l. \quad (3)$$

Для нахождения значения коэффициента теплоотдачи конвекцией α_k необходимо использовать критериальные уравнения. При вынужденной конвекции критериальное уравнение в общем случае имеет вид:

$$Nu = A \cdot Re^m \cdot Pr^n. \quad (4)$$

В этом уравнении: Nu – число Нуссельта

$$Nu = \frac{\alpha_k \cdot l}{\lambda_{ж}}; \quad (5)$$

Re – критерий Рейнольдса

$$Re = \frac{w \cdot l}{\nu_{ж}}; \quad (6)$$

Pr – критерий Прандтля. Здесь l – определяющий размер тела, $\lambda_{ж}$ – коэффициент теплопроводности среды, $\nu_{ж}$ – коэффициент кинематической вязкости среды, w – скорость потока. Значения физических параметров среды ($\lambda_{ж}$, $\nu_{ж}$, Pr) определяются по соответствующим таблицам параметров в зависимости от определяющей температуры.

При вынужденном движении среды в трубах

для случая турбулентного режима движения, что будет иметь место при $Re > 10^4$, критериальное уравнение принимает вид [2]

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43}. \quad (7)$$

В этом случае определяющим размером будет являться внутренний диаметр трубы ($l = d_l$), а определяющей температурой – средняя температура воды в трубе $t_{ж1}$. При омывании поперечным потоком труб для случая турбулентного режима движения, что будет иметь место при $Re > 10^3$, критериальное уравнение принимает вид [2]

$$Nu = 0,25 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,38}. \quad (8)$$

Здесь определяющим размером будет являться наружный диаметр трубы ($l = d_2$), а определяющей температурой – средняя температура омывающих трубу дымовых газов $t_{ж2}$. Необходимые для расчета характеристики котельного агрегата КВГМ-100 приведены в таблице 1.

Таким образом, средняя температура воды в трубах конвективного пучка $t_{ж1}$ составляет 120 °С. Значения физических параметров воды при этой температуре [2]: коэффициент теплопроводности $\lambda_{ж1} = 68,6 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$, коэффициент кинематической вязкости $\nu_{ж1} = 0,252 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, критерий Прандтля $Pr_1 = 1,47$.

Средняя температура омывающих трубы пучка дымовых газов $t_{ж2}$ составляет 600 °С. Значения физических параметров дымовых газов при этой температуре [3]: коэффициент теплопроводности $\lambda_{ж2} = 7,42 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$, коэффициент кинематической вязкости $\nu_{ж2} = 93,61 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, критерий Прандтля $Pr_2 = 0,62$. Для расчета теплоотдачи от внутренней поверхности труб к воде используются уравнения (6), (7), после чего из формулы числа Нуссельта (5) выражается величина коэффициента теплоотдачи конвекцией $\alpha_{к1}$. Поскольку в капельных жидкостях тепловое излучение невозможно, принимаем $\alpha_l = \alpha_{к1}$.

Расчет теплоотдачи от дымовых газов к наружной поверхности труб проводится анало-

Таблица 1 – Характеристики котельного агрегата КВГМ-100

Наружный диаметр труб конвективного пучка d_2 , мм	28
Толщина стенки труб конвективного пучка δ , мм	3
Продольный шаг труб конвективного пучка h_x , мм	40
Поперечный шаг труб конвективного пучка h_y , мм	64
Температура воды на входе $t'_{ж1}$, °C	90
Температура воды на выходе $t''_{ж1}$, °C	150
Средняя скорость воды w_p , м/с	0,79
Температура газов на входе $t'_{ж2}$, °C	1060
Температура газов на выходе $t''_{ж2}$, °C	140
Средняя скорость газов w_2 , м/с	9,5

гично с использованием уравнений (6), (8), (5). Величина коэффициента теплоотдачи a_2 определяется согласно уравнению (3), при этом, согласно номограмме [1], $a_n = 14,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$. По формуле (1) с использованием уравнения (2) определяется линейная плотность теплового потока q_p , проходящего через стенку трубы.

Отношение

$$\frac{1}{\alpha_i \cdot d_i} = R_{li} \quad (9)$$

в уравнении (2) называется внешним линейным термическим сопротивлением или линейным термическим сопротивлением теплоотдачи. Согласно расчетам, как и следовало ожидать, величина внешнего термического сопротивления R_{l2} со стороны дымовых газов (с наружной стороны трубы) значительно больше, чем R_{li} со стороны воды (с внутренней стороны трубы). Для выравнивания термических сопротивлений и интенсификации процесса теплопередачи целесообразно применить оребрение наружной поверхности труб конвективного пучка (рисунок 2).

Оребрение трубопроводов характеризуется коэффициентом оребрения

$$\varphi = \frac{F_{2p}}{F_2} \quad (10)$$

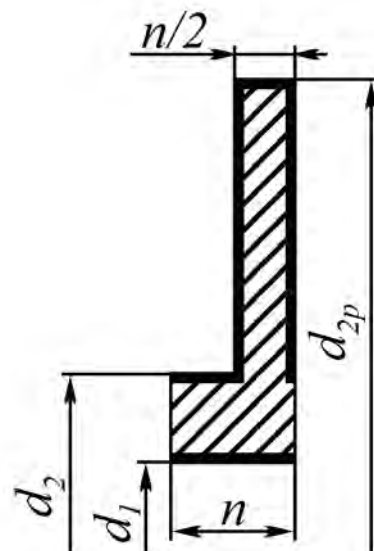


Рисунок 2 – Расчетная схема оребрения трубы конвективного пучка

и коэффициентом увеличения поверхности

$$\psi = \frac{F_{2p}}{F_1} \quad (11)$$

связанными соотношением

$$\psi = \varphi \cdot K_F, \quad (12)$$

где K_F – коэффициент, характеризующий соотношение площади наружной и внутренней поверхности гладкой трубы:

$$K_F = \frac{F_2}{F_1}; \quad (13)$$

F_1 – площадь внутренней поверхности трубы, F_2 – площадь наружной поверхности гладкой трубы (до оребрения), F_{2p} – площадь наружной поверхности оребренной трубы.

При расчете теплопередачи через стенку оребренного трубопровода формула (2) принимает вид

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda_{cm}} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2 \cdot \psi}}. \quad (14)$$

Приравняв значения внешних линейных термических сопротивлений оребренной трубы из формулы (14), можно определить необходимое значение коэффициента увеличения поверхности

$$\psi = \frac{\alpha_1 \cdot d_1}{\alpha_2 \cdot d_2}. \quad (15)$$

Необходимый коэффициент оребрения φ определяется из формулы (12):

$$\varphi = \frac{\psi}{K_F}, \quad (16)$$

далее из формулы (10) находится требуемая площадь поверхности оребрения трубы F_{2p} .

На практике при оребрении труб небольшого диаметра (до 50 мм) толщина ребра часто принимается равной расстоянию между соседними ребрами, то есть составляет половину шага оребрения n .

Площадь наружной поверхности трубы до и после оребрения, отнесенная к одному элементу оребрения, может быть рассчитана соответственно как

$$F_2 = \pi \cdot d_2 \cdot n \quad (17)$$

и

$$F_{2p} = \pi \cdot d_2 \cdot n/2 + \pi \cdot d_{2p} \cdot n/2 + 2 \cdot \frac{\pi \cdot (d_{2p}^2 - d_2^2)}{4}, \quad (18)$$

где d_2 – наружный диаметр гладкой трубы (до оребрения), d_{2p} – наружный диаметр оребрения трубы.

Подставляя значения (17) и (18) в зависимость (10) и решая полученное квадратное уравнение, получаем формулу для нахождения наружного диаметра оребрения:

$$d_{2p} = \frac{-n + \sqrt{n^2 + 4 \cdot (d_2^2 + d_2 \cdot n \cdot (2 \cdot \varphi - 1))}}{2}. \quad (19)$$

При шаге оребрения $n = 0,7$ мм наружный диаметр оребрения составляет $d_{2p} = 49,7$ мм, что превышает продольный шаг труб конвективного пучка $h_x = 40$ мм. Для обеспечения возможности размещения оребренных труб предлагается увеличить продольный шаг в два раза, до 80 мм, а для сохранения при уменьшившемся количестве труб прежней суммарной площади проходного сечения трубы размером 28×3 мм заменить трубами размером 38×4 мм.

Результаты расчета для исходного и предлагаемого варианта исполнения конвективного пучка труб котельного агрегата КВГМ-100 приведены в таблице 2.

Как видно из расчета, замена в конвективном пучке котельного агрегата КВГМ-100 гладких труб наружным диаметром 28 мм на оребренные трубы наружным диаметром 38 мм с коэф-

Таблица 2 – Сравнительные результаты расчетов исходного и предлагаемого вариантов исполнения конвективного пучка труб котельного агрегата КВГМ-100

Параметры	Исходный вариант исполнения	Предлагаемый вариант исполнения
Наружный диаметр труб $d_2, мм$	28	38
Толщина стенки труб $\delta, мм$	3	4
Внутренний диаметр труб $d_1, мм$	22	30
Продольный шаг труб $h_x, мм$	40	80
Поперечный шаг труб $h_y, мм$	64	64
Критерий Рейнольдса Re_1	68968	94047
Число Нуссельта Nu_1	184,1	235,9
Коэффициент теплоотдачи $\alpha_1 = \alpha_{к1}, Вт/м^2 \cdot град$	5740,5	5394,2
Критерий Рейнольдса Re_2	2841,6	3856,4
Число Нуссельта Nu_2	24,61	29,56
Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{к2}, Вт/м^2 \cdot град$	65,2	57,8
Коэффициент теплоотдачи $\alpha_2, Вт/м^2 \cdot град$	79,5	72,1
Коэффициент соотношения площади наружной и внутренней поверхности трубы K_F	1,273	1,267
Коэффициент увеличения поверхности ψ	56,7	59,1
Коэффициент оребрения φ	44,5	46,6
Наружный диаметр оребрения $d_{2p}, мм$	49,7	62,1
Линейная плотность теплового потока до оребрения $q_l, Вт/м$	3271,8	4034,2
Линейная плотность теплового потока после оребрения $q_l^*, Вт/м$	69325,5	100653,0

фициентом оребрения $\varphi = 46,6$ позволяет повысить плотность передаваемого теплового потока в 30 раз, с 3271,8 $Вт/м$ до 100653,0 $Вт/м$. Такая эффективность теплообмена в конвективном пучке обеспечит повышение КПД котла в целом и, следовательно, снижение потре-

ния топлива котельной. На котельной «Южная» котлы КВГМ-100 потребляют свыше 10 тыс. т.у.т. в год, поэтому мероприятия по модернизации этих котлов способны обеспечить экономию сотен т.у.т.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нащокин, В. В. (2018), *Техническая термодинамика и теплопередача*, Москва, 469 с.
2. Исаченко, В. П., Осипова, В. А., Сукомел, А. С. (2016), *Теплопередача*, Москва, 416 с.
3. Лебедев, В. М. (2017), *Тепловой расчет котельных агрегатов средней паропроизводительности*, Москва, 208 с.

REFERENCES

1. Nashchokin, V. V. (2018), *Tekhnicheskaja termodynamika i teploperedacha* [Technical thermodynamics and heat transfer], Moscow, 469 p.
2. Isachenko, V. P., Osipova, V. A., Sukomel, A. S. (2016), *Teploperedacha* [Heat transfer], Moscow, 416 p.
3. Lebedev, V. M. (2017), *Teplovoi raschet kotelnyh agregatov srednei paroproizvoditelnosti* [Thermal calculation of boiler units of medium steam capacity], Moscow, 208 p.

Статья поступила в редакцию 31. 03. 2020 г.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КРУТКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КОТОНИНСОДЕРЖАЩЕЙ ПРЯЖИ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА ФОРМИРОВАНИЯ

THE ANALYSIS OF TWIST EFFECT ON THE QUALITY INDICATORS OF OPEN-END SPUN YARN WITH COTTONIZED FLAX FIBERS

УДК 677.11.017.32+677.11.017.4

Е.С. Милеева*, Г.В. Казарновская

*Витебский государственный технологический
университет*

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13806>

K. Mileeva*, G. Kazarnovskaya

*Vitebsk State Technological
University*

РЕФЕРАТ

ЛЬНОХЛОПКОВАЯ ПРЯЖА, КОТОНИНСОДЕРЖАЩАЯ ПРЯЖА, ПРЯЖА ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА ПРЯДЕНИЯ, КРУТКА, ЛИНЕЙНАЯ ПЛОТНОСТЬ, РАЗРЫВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВОРСИСТОСТЬ, НЕРОВНОТА, USTER TESTER

Объектом исследования является льнохлопковая пряжа различными крутками двух линейных плотностей, полученная пневмомеханическим способом формирования.

Целью работы является определение рациональных значений крутки котонинсодержащей пряжи линейных плотностей 50 **текс** и 110 **текс**, при которых обеспечивается наилучшее сочетание показателей качества.

Результаты проведенных исследований показали, что льнохлопковая пряжа линейной плотности 50 **текс** (65 % хлопка, 35 % котонизированного льняного волокна) и льнохлопковая пряжа линейной плотности 110 **текс** (15 % хлопка, 85 % котонизированного льняного волокна) имеют практически одинаковые фактические разрывные характеристики при изменении крутки от 700 **кр./м** до 1100 **кр./м**. Относительная разрывная нагрузка пряжи линейной плотности 50 **текс** почти в 2 раза превышает аналогичный показатель пряжи линейной плотностью 110 **текс**. Анализ значений квадратической неровноты по линейной плотности, по количеству утонений, утолщений, непсов, полученный на приборе USTER TESTER 5, показал, что оптимальной для пряжи линейной плотности 50 **текс** является заправочная крутка 800 **кр./м**,

ABSTRACT

BLENDED FLAX/COTTON YARN, COTTONIZED FLEX FIBER, OPEN-END SPUN YARN, TWINE, LINEAR DENSITY, BREAKING CHARACTERISTICS, HAIRINESS, YARN IRREGULARITY, USTER TESTER

The object of research is flax-cotton yarn with various twists of two linear densities obtained by the pneumomechanical method of formation.

The aim of the work is to determine the rational values of the twist of flax-cotton yarn with linear densities of 50 **tex** and 110 **tex**, which ensures the best combination of quality indicators.

The results of the studies showed that flax cotton yarn with a linear density of 50 **tex** (65 % cotton and 35 % cottonized flax fiber) and flax cotton yarn with a linear density of 110 **tex** (15 % cotton and 85 % cottonized flax fiber) have almost the same actual breaking characteristics when twisting from 700 **twist/m** to 1100 **twist/m**. The relative tensile load of yarn with a linear density of 50 **tex** is almost 2 times higher than that of a yarn with a linear density of 110 **tex**. An analysis of the values of the quadratic unevenness in linear density, in the number of thinning, thickenings, neps obtained with USTER TESTER 5 device showed that the optimal twist for a 50-**tex** linear density yarn is 800 **twist/m**, which corresponds to the actual twist of 736 **twist/m** for yarn with a linear density of 110 **tex** – 700 **twist/m** (actual twist – 656 **twist/m**).

Yarns with a linear density of 50 **tex** are recommended to be used as warp and weft, with a linear density of 110 **tex** used as a weft.

* E-mail: kati.mileeva@gmail.com (K. Mileeva)

что соответствует значению фактической крутки 736 **кр./м** для пряжи линейной плотностью 110 **текс** – 700 **кр./м** (фактическая крутка – 656 **кр./м**).

Пряжу линейной плотностью 50 **текс** рекомендовано использовать в качестве основы и утка, линейной плотностью 110 **текс** – в качестве утка.

Предложена методика определения наилучшего образца льнохлопковой пряжи на основании комплексного анализа ее свойств и показателей качества, определяемых с использованием прибора USTER TESTER.

A technique is proposed for determining the best sample of flax-cotton yarn based on a comprehensive analysis of its properties and quality indicators, determined using the USTER TESTER device.

Объектом исследования является льнохлопковая пряжа, полученная пневмомеханическим способом формирования.

Целью работы является определение рациональных значений крутки, обеспечивающих наилучшие показатели качества котонинсодержащей пряжи линейных плотностей 50 **текс** и 110 **текс** для использования ее в ассортименте костюмных тканей.

Повышение качества отечественных текстильных материалов – одна из основных задач, решение которой позволит предприятиям в условиях жесткой конкуренции занять свою нишу в производстве товаров народного потребления. На РУПТП «Оршанский льнокомбинат» разработан технологический процесс получения котонинсодержащей пряжи пневмомеханического способа прядения [1], которая находит применение в ассортименте декоративных тканей и в ограниченных количествах в одежных тканях. Использование котонинсодержащей пряжи в тканях приводит к снижению разрывной нагрузки, стойкости к истиранию, к изменениям геометрических размеров после мокрой обработки, повышению ворсистости и пиллингуемости, что не позволяет массово применять эту пряжу в костюмных тканях. Качество готовых тканей напрямую зависит от качества используемой пряжи, на которую влияет ряд факторов: характеристики волокнистого материала (штапельная длина волокна, равномерность волокон, процентное содержание коротких волокон), параметры технологического процесса (крутка, ско-

рость выпуска, степень износа рабочих органов), температурно-влажностный режим и другие. Исследование влияния крутки на физико-механические свойства пряжи, на ее неровноту и ворсистость, на количество и качество пороков внешнего вида позволят определить значения показателя крутки, при которых качество пряжи будет наилучшим. Установленные зависимости позволят расширить область применения котонинсодержащей пряжи в ассортименте одежных тканей, в том числе и костюмных.

Для определения влияния крутки на показатели качества котонинсодержащей пряжи различных линейных плотностей необходимо решить следующие задачи:

- установить диапазон круток, обеспечивающих стабильное формирование пряжи, для наработки двух опытных партий котонинсодержащей пряжи линейной плотности 50 **текс** и 110 **текс**;
- определить влияние крутки в заданном диапазоне на физико-механические свойства и показатели ворсистости, неровноты, количества пороков внешнего вида пряжи для двух линейных плотностей;
- выявить рациональные значения крутки льнохлопковой пряжи линейной плотности 50 **текс** и 110 **текс** с различным содержанием котонизированного льна, обеспечивающие наилучшие показатели физико-механических свойств пряжи для практического применения в качестве.

С целью установления влияния крутки на

свойства котонинсодержащей пряжи пневмомеханического способа формирования в условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» произведена наработка льнохлопковой пряжи линейной плотности 50 *текс* с содержанием 65 % хлопка и 35 % котонизированного льна и линейной плотности 110 *текс* с содержанием 15 % хлопка и 85 % котонизированного льна. Заправочная крутка на пневмомеханической прядильной машине R40 фирмы Rieter варьировалась в диапазоне от 700 *кр./м* до 1100 *кр./м* с шагом в 100 *кр./м*. Число кручений устанавливалось на пульте программного управления параметрами работы прядильной машины. Частота вращения прядильной камеры не изменялась, она соответствовала 35000 *мин⁻¹* для пряжи линейной плотности 110 *текс* и 50000 *мин⁻¹* для пряжи линейной плотности 50 *текс*.

В таблице 1 представлены результаты лабораторных исследований физико-механических

показателей пряжи линейной плотностью 50 *текс* и 110 *текс*.

В результате лабораторных испытаний партии пряжи по ГОСТ 6611.3-2003 (ИСО 2061:1995) «Материалы текстильные. Нити. Методы определения числа кручений, укрутки и направления крутки» установлено, что наблюдалось снижение фактического количества кручений от заданного значения. Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод, что при увеличении заправочной крутки разница между фактической круткой и установленной на прядильной машине возрастает. Это проиллюстрировано на графике (рисунок 1), причем для пряжи линейной плотности 50 *текс* эта разница больше, чем для пряжи линейной плотности 110 *текс*.

Фактическая линейная плотность находится в пределах, установленных ТУ ВУ 3000 51814.187 2003 [2].

Таблица 1 – Физико-механические свойства котонинсодержащей пряжи

Кондиционная линейная плотность, <i>текс</i>	Заправочная крутка, <i>кр./м</i>	Фактическая крутка, <i>кр./м</i>	Коэффициент вариации по крутке, %	Фактическая линейная плотность, <i>текс</i>	Коэффициент вариации по линейной плотности, %	Разрывная нагрузка		Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	Относительное удлинение, %	Коэффициент вариации по удлинению, %
						Разрывная нагрузка, <i>H</i>	Относительная разрывная нагрузка, <i>cH/текс</i>			
50	700	647	7,40	48,1	0,41	3,54	7,36	14,80	3,2	13,06
	800	736	4,31	51,0	0,51	3,62	7,10	13,20	3,9	17,35
	900	784	6,62	48,0	0,72	3,87	8,06	9,90	4,3	13,30
	1000	844	3,99	47,9	0,42	3,90	8,14	11,30	4,4	11,67
	1100	910	8,54	48,2	0,99	3,88	8,05	8,60	4,1	14,84
Требования ТУ ВУ 3000 51814.187 2003			Сорт I	50±5	Не более 9	2,16±5		Не более 19		
			Сорт II	50±8	Не более 15	2,16±10		Не более 25		
110	700	656	6,82	109,4	2,53	4,28	3,91	9,22	4,0	7,35
	800	747	4,98	110,6	0,74	4,37	3,95	17,34	3,7	22,50
	900	823	3,55	111,5	0,77	4,64	4,16	14,92	3,9	19,50
	1000	892	8,51	110,5	1,95	3,98	3,60	18,11	3,7	30,30
	1100	925	5,43	110,9	1,32	3,85	3,47	13,42	3,2	19,30
Требования ТУ ВУ 3000 51814.187 2003			Сорт I	110±5	Не более 9	4,03±5		Не более 19		
			Сорт II	110±8	Не более 15	4,03±10		Не более 25		

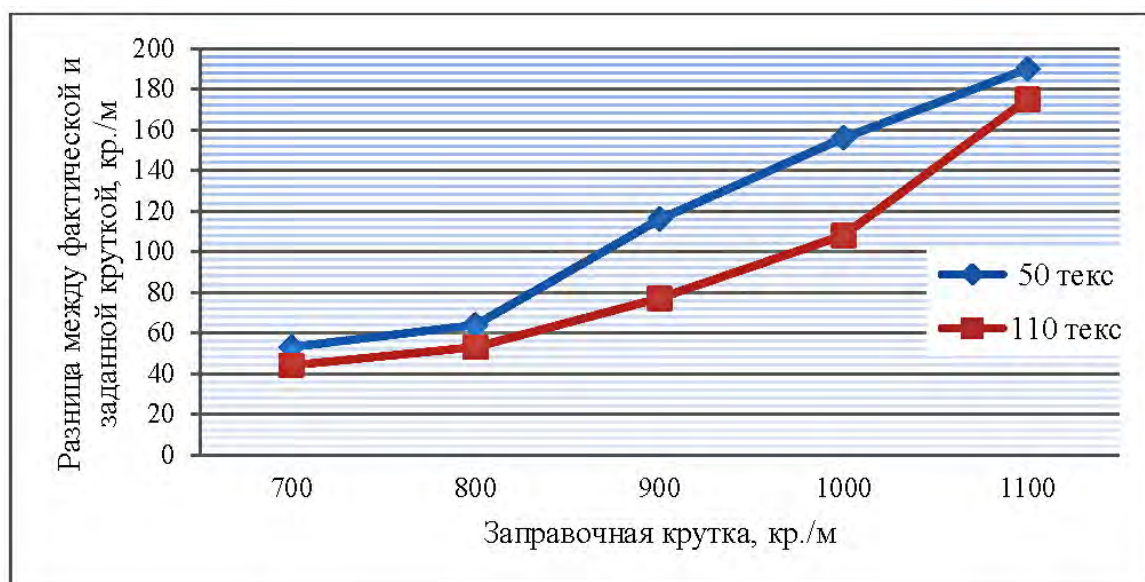


Рисунок 1 – График отклонений фактической крутки пряжи от заправочной крутки

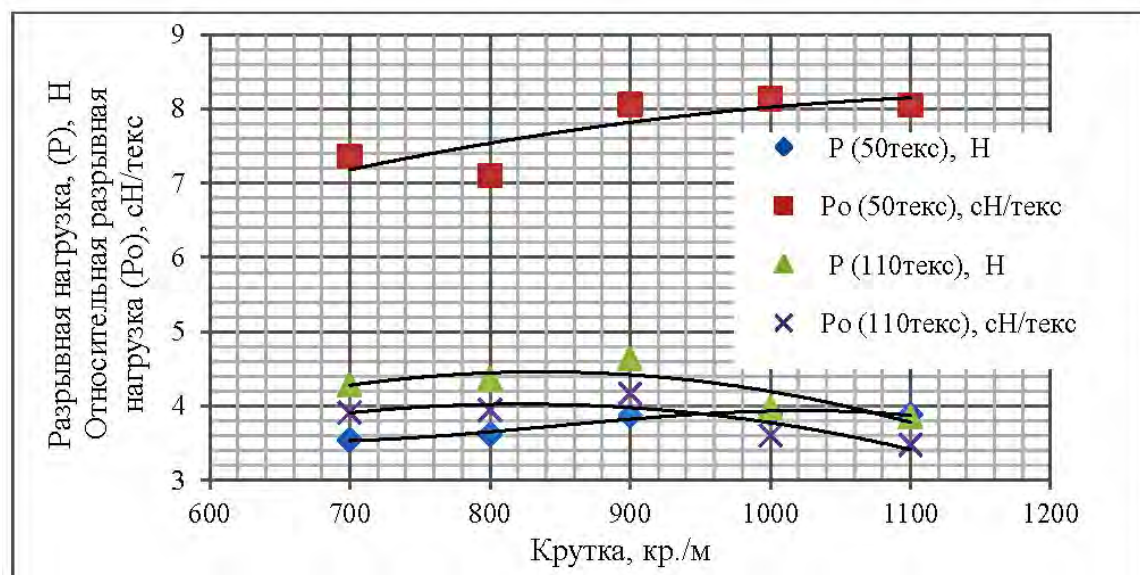


Рисунок 2 – Зависимость абсолютной и относительной разрывных нагрузок от крутки

На рисунке 2 приведены зависимости фактических значений абсолютной (P) и относительной (Po) разрывных нагрузок пряжи от ее крутки.

Несмотря на большую разницу в линейных плотностях исследуемых образцов пряжи, их

абсолютная разрывная нагрузка находилась практически на одном уровне. Относительная разрывная нагрузка хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 50 *текс* почти в 2 раза превышала аналогичный показатель пряжи ли-

нейной плотности 110 **текс**, что объясняется большим процентным содержанием в ее составе хлопкового волокна и меньшей неровнотой пряжи линейной плотности 50 **текс**, это не противоречит ранее выполненным исследованиям [1, 3]. Известно, что заправочное натяжение основы на ткацком станке для тканей средней поверхностной плотности 130–190 г/м^2 должно находиться в пределах от 15 **сН** до 50 **сН** на нить, а для более тяжелых тканей – от 50 **сН** до 150 **сН**, и этот показатель не должен превышать 7–15 % от фактической разрывной нагрузки нити. Использование пряжи линейной плотности 50 **текс** в качестве основы позволяет получать ткани средней поверхностной плотности, а применение в основе пряжи линейной плотности 110 **текс** позволит вырабатывать только тяжелые ткани (с поверхностной плотностью 200–350 г/м^2). Исходя из этого и анализа разрывных характеристик следует, что пряжа линейной плотности 50 **текс** может быть использована как в качестве основы, так и утка, а пряжу линейной плотности 110 **текс** с 15 % содержанием хлопка целесообразно применять в качестве утка.

Процесс наработки пряжи линейной плотности 110 **текс** с заправочной круткой 1000 **кр./м** и 1100 **кр./м** сопровождался высокой

обрывностью: 2,6 и 4,3 **обрывов/км**. Норма обрывности для пряжи данной линейной плотности на РУПТП «Оршанский льнокомбинат» составляет 0,57 **обрывов/км**, поэтому производить пряжу с данной заправочной круткой является нецелесообразным.

На рисунке 3 представлена зависимость относительного разрывного удлинения пряжи от крутки.

С увеличением числа кручений разрывное удлинение изменялось по полиномиальной линии тренда для обоих видов пряжи. Максимальное значение относительного разрывного удлинения для пряжи 110 **текс** с заправочной круткой в диапазоне от 700 **кр./м** до 1000 **кр./м** и для пряжи 50 **текс** с заправочной круткой в диапазоне от 800 **кр./м** до 1100 **кр./м** находилось в одном интервале от 3,6 % до 4,4 %.

На приборе USTER TESTER 5 определены показатели неровноты и ворсистости пряжи. Как видно из рисунка 4, с увеличением числа кручений квадратическая неровнота пряжи 110 **текс** снижалась по полиномиальной закономерности, но имеет большие значения, чем неровнота пряжи линейной плотности 50 **текс**. Квадратическая неровнота пряжи 50 **текс** с увеличением крутки практически не изменялась.

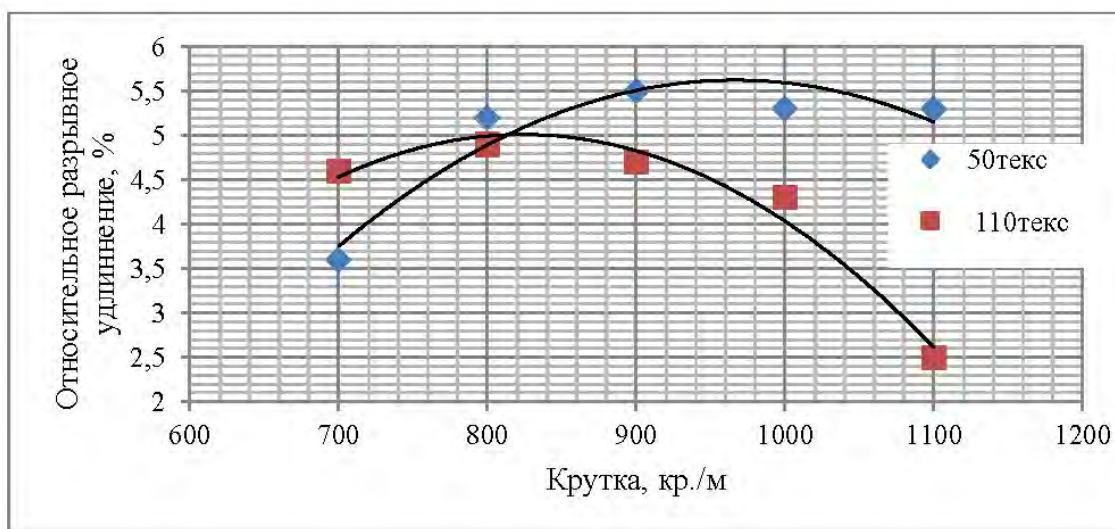


Рисунок 3 – Зависимость относительного разрывного удлинения пряжи от крутки

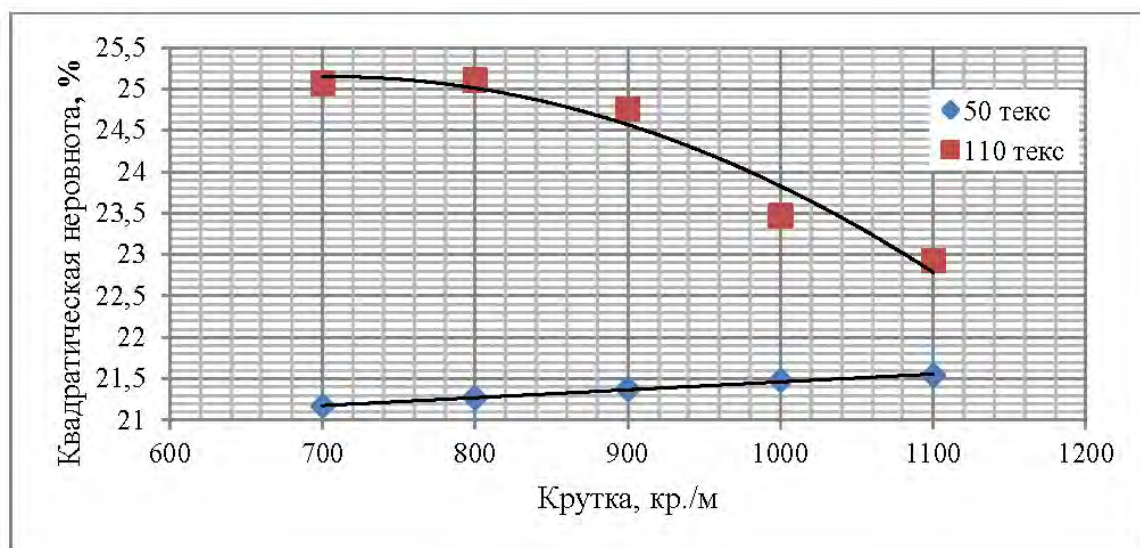


Рисунок 4 – Зависимость квадратической неровности от крутки

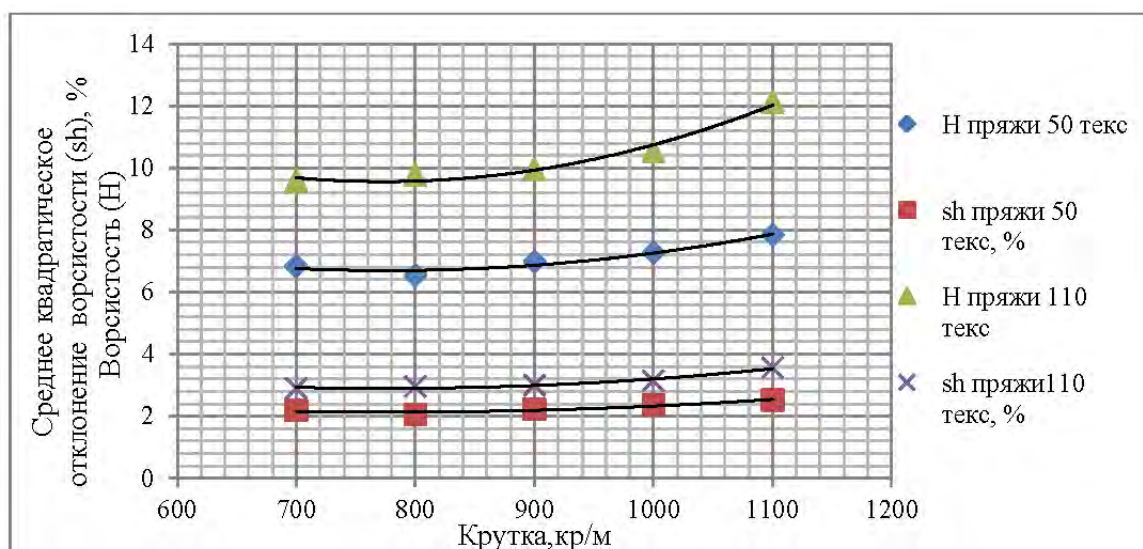


Рисунок 5 – Зависимость ворсистости и среднеквадратического отклонения ворсистости от крутки

Безразмерный показатель ворсистости (H) и среднее квадратическое отклонение ворсистости с увеличением крутки возрастали. Причем при одинаковых значениях крутки показатель ворсистости для пряжи 110 **текс** выше в 1,40–1,54 раза, чем для пряжи линейной плотности 50 **текс** (рисунок 5). Это связано с тем, что пряжа

линейной плотности 110 **текс** содержит 85 % котонизированного льняного волокна, а пряжа 50 **текс** – только 35 %. Даже после котонизации льняное волокно по своей жесткости не приблизилось к хлопковому волокну. С увеличением крутки повышается угол наклона витков к оси пряжи, поэтому незаработанные кончики более

жестких льняных волокон значительно отклоняются от поверхности пряжи, этим они увеличивают показатель ворсистой. С увеличением крутки показатели ворсистой для пряжи 50 *текс* существенно не изменились из-за высокого содержания более мягкого волокна хлопка [5].

Ворсистость пряжи в сочетании с другими свойствами (разрывной нагрузкой, линейной плотностью, сырьевым составом, видом отделки) определяет возможность ее использования в ассортименте тканей костюмного назначения. Внешний вид пряжи изучен под микроскопом «Микромед» с камерой USMOS 03100KPA при 4-кратном увеличении. Сфотографированы 10 сантиметров пряжи различной крутки с интервалом 10 ± 1 мм. На рисунке 6 приведены фотографии внешнего вида пряжи (по одной наиболее

характерной для данной крутки).

На рисунке 6 видно, что зона ворса для котонинсодержащей пряжи являлась разнородной, встречались выступающие кончики и петли, пересекающиеся между собой и со стволom пряжи [8, 9]. Кроме этого, широко встречались обвивающие ворсинки. Для тканей костюмного назначения показатель ворсистой пряжи имеет большое значение. Наличие ворса на поверхности пряжи приводит к потере четкости рисунка переплетения и высокой пиллингуемости ткани, а также низкой стойкости к истиранию, что в свою очередь, снижает срок эксплуатации готового изделия.

Из фотографий образцов пряжи (рисунок 6) видно, что толщина нитей одной и той же линейной плотности различна, это подтверждали данные, полученные на приборе USTER TESTER

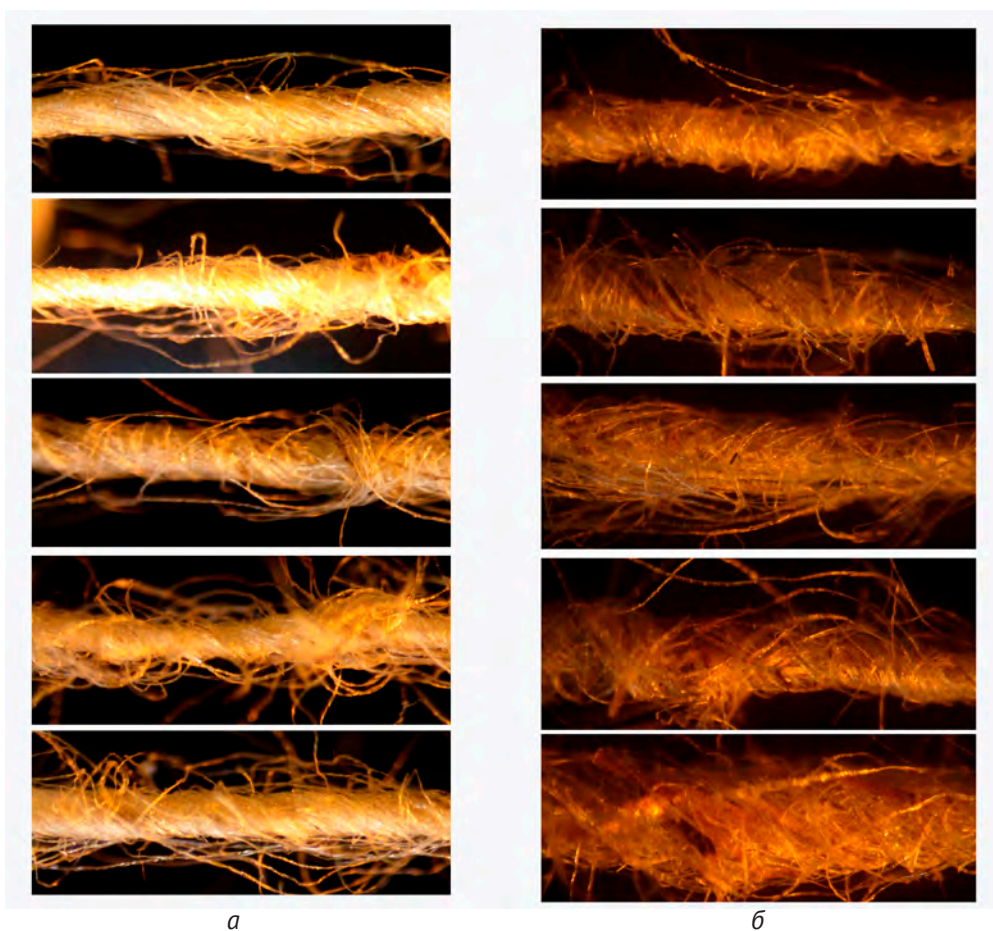


Рисунок 6 – Фотографии внешнего вида пряжи линейной плотности 50 *текс* (а) и линейной плотности 110 *текс* (б)

5 по неровноте и наличию большого количества утоненных, утолщенных участков, непсов.

Как видно из рисунка 7, с увеличением числа кручений снизилось количество утоненных участков (-40 %) и (-50 %). Степень снижения количества утоненных участков у пряжи 110 *текс* выше, чем у пряжи 50 *текс*. С увеличением крутки линейная плотность пряжи поддерживалась на постоянном уровне. Поэтому при постоянной вытяжке на машине снижение скорости

выпуска сопровождалось снижением скорости питания, что привело к повышению интенсивности дискретизации питающей ленты. При этом увеличилась степень разьединенности и параллелизации волокон, а в случае льна – и их расщеплённость. Следовательно, с увеличением крутки пряжи с повышенным содержанием льна снизилось количество утоненных (рисунок 7) и утолщенных участков (рисунок 8).

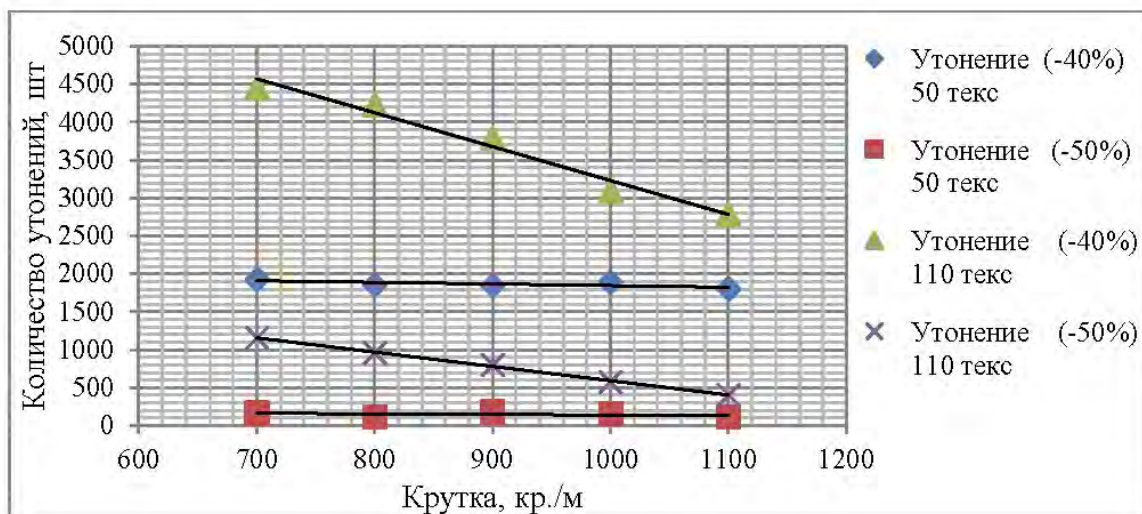


Рисунок 7 – Зависимость количества утоненных участков от крутки

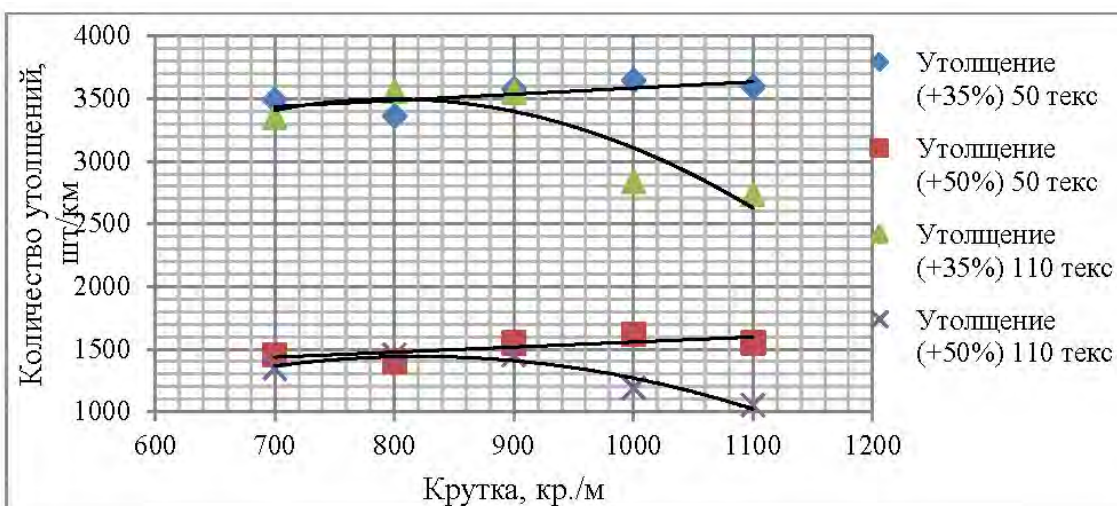


Рисунок 8 – Зависимость утолщенных участков от крутки

Количество утолщенных участков (+35 %) и (+50 %) для пряжи 50 **текс** с увеличением крутки не существенно возросло; а для пряжи 110 **текс** снизилось, соответственно, на 18,4 % и на 21,8 %.

Анализ зависимости количества неспов (+280 %) от крутки (рисунок 9) показал, что для пряжи линейной плотности 50 **текс** – количество неспов увеличивалось на 16,7 %, для пряжи в 110 **текс** – изменяется по полиномиальной линии тренда и имеет наибольшее значение при заправочной крутке 900 **кр./м**. Количество неспов (+280 %) для пряжи линейной плотностью 50 **текс** в 2–3 раза превышало количество неспов для пряжи линейной плотности 110 **текс** при равной заправочной крутке, это объясняется разной линейной плотностью пряжи и сырьевым составом. Короткие утолщенные участки пряжи являются комплексными (техническими) волокнами льна либо узелками из спутанных волокон. Нерасщепленные в процессе котонизации технические волокна льна и неудаленные в процессе кардочесания спутанные волокна в пряже меньшей линейной плотности дают более существенное колебание толщины пряжи (большой процент прироста толщины), соответственно, увеличивают количество неспов (+280 %).

Для оценки качества котонинсодержащей

пряжи пневмомеханического способа формирования предложена следующая методика. Исследованные показатели качества пряжи сведены в таблицу 2, в которой знаком «-» отмечены значения крутки, при которых показатели качества пряжи не соответствуют данным ТУ ВУ3000 51814.187-2003; знаком «+» отмечены значения крутки пряжи, при которых показатели качества пряжи имеют наилучшие значения. Все показатели принято считать равнозначными. Методика выбора лучшего вида пряжи и определения рациональной заправочной крутки, обеспечивающей наилучшее качество, основана на подсчете количества и положительных и отрицательных результатов показателей. Итоговая оценка пряжи, в которой как минимум один из показателей не удовлетворяет требованиям технических условий, не проводилась. Применение данной методики позволило определить лучшие варианты пряжи по большему числу положительных показателей.

Большее количество наилучших значений показателей качества для пряжи линейной плотности 50 **текс** достигалось при значении заправочной крутки 800 **кр./м**, что соответствует значениям фактической крутки пряжи 736 **кр./м**, а для пряжи линейной плотности 110 **текс** – 700 **кр./м** (фактическая крутка – 656 **кр./м**).

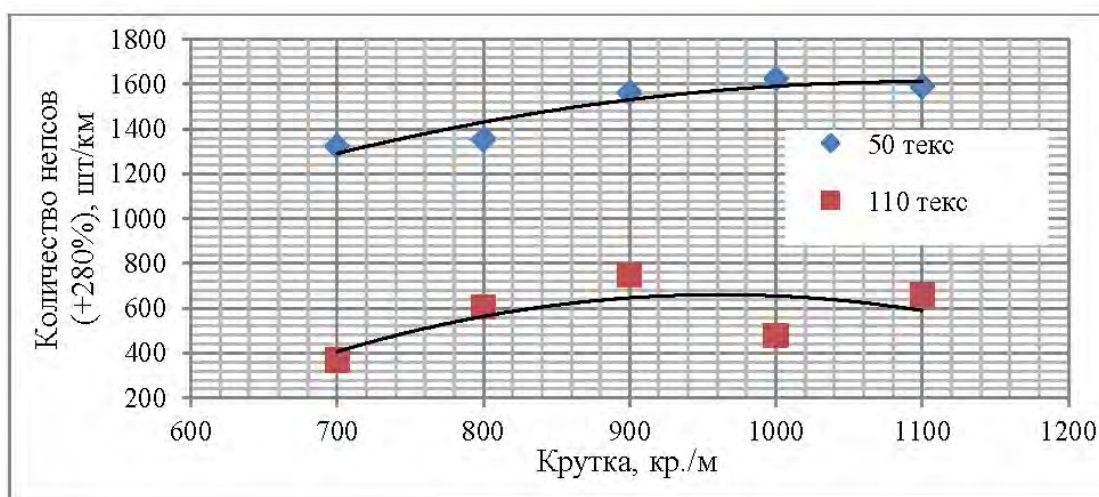


Рисунок 9 – Зависимость количества неспов от крутки

Таблица 2 – Показатели качества пряжи

Показатели качества	Линейная плотность пряжи									
	50 <i>текс</i>					110 <i>текс</i>				
Заправочная крутка, <i>кр./м</i>	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
Фактическая крутка, <i>кр./м</i>	647	736	784	844	910	656	747	823	892	925
Линейная плотность, <i>текс</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Разрывная нагрузка, <i>H</i>			+	+	+	+	+	+	-	-
Относительное удлинение, %		+	+	+	+	+	+	+	+	
Квадратическая неровнота на коротких отрезках, %	+	+	+					+	+	+
Ворсистость	+	+				+	+			
Наименьшее содержание пороков, в том числе:		+				+			+	+
Утонений		+	+	+	+			+	+	+
Утолщений	+	+	+			+			+	+
Непсов	+	+				+			+	
Итого (количество наилучших значений показателей качества)	3	5	4	3	3	5	4	4	-	-

На РУПТП «Оршанский льнокомбинат» котонинсодержащая пневмомеханическая пряжа линейной плотности 50 *текс* вырабатывается с заправочной круткой 970 *кр./м*, что не является рациональным с точки зрения неровноты пряжи. По проведенным в работе исследованиям среди полученных образцов наиболее рациональным являлся образец с заправочной круткой 800 *кр./м* ± 20 кручений.

Пряжу линейной плотности 110 *текс* на предприятии производят с заправочной круткой 790 *кр./м*, при использовании которой получается пряжа с наибольшим количеством пороков внешнего вида по результатам испытаний на приборе USTER TESTER 5. Среди исследуемых образцов рациональна заправочная крутка – 700 *кр./м* ± 20 кручений.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследования определено влияние заправочной крутки в диапазоне от 700 *кр./м* до 1100 *кр./м* на физико-механические свойства котонинсодержащей пряжи и показатели качества, установлены зависимости большинства из этих показателей от крутки.

2. Определен рациональный интервал крутки. Заправочную крутку 800 ± 20 *кр./м* рекомендовано устанавливать для пряжи линейной плотности 50 *текс*, для пряжи линейной плотности 110 *текс* – 700 ± 20 *кр./м*.

3. Предложена методика определения наилучшего образца льнохлопковой пряжи на основании комплексного анализа ее свойств, регламентированных ТУ ВУ3000 51814.187-2003, и ненормируемых показателей качества, определяемых с использованием прибора USTER TESTER.

4. В результате сопоставления требований к пряже, применяемой для производства костюмных тканей, с показателями качества исследуемой котонинсодержащей пряжи определено, что пряжу линейной плотности 50 *текс* целесообразно использовать в качестве основы и утка, а пряжу линейной плотности 110 *текс* – в качестве утка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Науменко, А. М., Рыклин, Д. Б. (2015), Разработка технологии льнохлопковой пряжи пневмомеханического способа формирования, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2015, № 28, С. 86–94.
2. Пряжа из лубяных волокон и их смесей с натуральными и химическими волокнами, ТУ ВУ3000 51814.187-2003, Служба сертификации и стандартизации РУПТП «Оршанский льнокомбинат», Орша, 2013, 20 с.
3. Науменко, А. М., Мурычев, П. В., Рыклин, Д. Б. (2011), Оценка возможности повышения содержания льняного волокна в пряже пневмомеханического способа формирования, *Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности*, 2011, С. 89–91.
4. Васильев, Р. А., Рыклин, Д. Б. (2012), Исследование технологического процесса производства льняной пряжи с вложением регенерированного волокна, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2012, № 22, С. 25.
5. Котович, О. М., Рыклин, Д. Б., Медвецкий, С. С. (2010), Снижение ворсистости гребенной пряжи малой линейной плотности, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2010, № 19, С. 45–50.
6. Прохоренко, О. В., Гришанова, С. С., Коган, А. Г. (2019), Анализ качества льняной пряжи и возможности его повышения, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2019, № 36, С. 81–90.
7. Васильев, Р. А., Рыклин, Д. Б. (2011), Изменение свойств льняного волокна в технологическом процессе производства чистольняной пряжи пневмомеханическим способом прядения, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2011, № 20,

REFERENCES

1. Navumenka, A. M., Ryklin, D. B. (2015), Development of flax cotton yarn technology of the pneumomechanical method of formation [Razrabotka tehnologii l'nohlopkovoj pryazhi pnevmomehanicheskogo sposoba formirovaniya], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2015, No. 28, pp. 86–94.
2. Yarn made of bast fibers and their blends with natural and chemical fibers [Pryazha iz lubyanyih volokon i ih smesey s naturalnyimi i himicheskimi voloknami], TU VU3000 51814.187-2003, Certification and Standardization Service RUE «Orsha Linen Mill», Orsha, 2013, 20 p.
3. Navumenka, A. M., Murychev, P. V., Ryklin, D. B. (2011), Evaluation of the possibility of increasing the content of flax fiber in the yarn of the pneumomechanical method of formation [Ocenka vozmozhnosti povы'sheniya soderzhaniya l'nyanogo volokna v pryazhe pnevmomehanicheskogo sposoba formirovaniya], *New in engineering and technology of textile and light industry*, 2011, pp. 89–91.
4. Vasiliev, R. A., Ryklin, D. B. (2012), Investigation of the technological process for the production of linen yarn with the inclusion of regenerated fiber [Issledovanie tehnologicheskogo processa proizvodstva l'nyanoj pryazhi s vlozheniem regenerirovannogo volokna], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2012, No. 22, p. 25.
5. Kotovich, O. M., Ryklin, D. B., Medvetskii, S. S. (2010), Reducing the hairiness of combed yarn of low linear density [Snizhenie vorsistosti grebennoj pryazhi maloj linejnoi plotnosti], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2010, No. 19, pp. 45–50.

- С. 15–22.
8. Коробова, Т. Н., Гусев, Б. Н. (2008), Моделирование ворсовой поверхности пряжи с учетом нормируемых характеристик, *Технология текстильной промышленности*, 2008, № 4, С. 15–18.
 9. Коробова, Т. Н., Матрохин, А. М., Гусев, Б. Н., Леониди, Т. (2005), Формирование алгоритма компьютерной обработки изображения пряжи для измерения показателей ворсистости, *Технология текстильной промышленности*, 2005, № 4, С. 109–113.
 6. Prakharenka, A. V., Hryshanava, S. S., Kogan, A. G. (2019), Analysis of the quality of flax yarn and the possibility of its improving [Analiz kachestva l'nyanoj pryazhi i vozmozhnosti ego povы'sheniya], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of the Vitebsk State Technological University*, 2019, No. 36, pp. 81–90.
 7. Vasiliev, R. A., Ryklin, D. B. (2011), Changing the properties of flax fiber in the technological process for the production of fine yarn with a rotor-mechanical spinning method [Izmenenie svojstv l'nyanogo volokna v tehnologicheskom processe proizvodstva chistol'nyanoj pryazhi pnevmomehanicheskim sposobom pryadeniya], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2011, No. 20, pp. 15–22.
 8. Korobova, T. N., Gusev, B. N. (2008), Modeling the pile surface of the yarn taking into account the normalized characteristics [Modelirovanie vorsovoj poverhnosti pryazhi s uchetom normiruemy'h harakteristik], *Technology of the textile industry*, 2008, No. 4, pp. 15–18.
 9. Korobova, T. N., Matrokhin, A. M., Gusev, B. N., Leonidi, T. (2005), Formation of an algorithm for computer processing the image of yarn for measuring indicators of hairiness [Formirovanie algoritma komp'yuternoj obrabotki izobrazheniya pryazhi dlya izmereniya pokazatelej vorsistosti], *Technology of the textile industry*, 2005, No. 4, pp. 109–113.

Статья поступила в редакцию 11. 03. 2020 г.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ПОДКЛАДКИ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО КОСТЮМА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ПЛАВУЧЕСТИ

PROCEDURE FOR CALCULATION OF THICKNESS OF HEAT-INSULATING LINING FOR COMBINED COSTUME OF INDIVIDUAL PROTECTION WITH ELEMENTS OF POSITIVE BUOYANCY

УДК 677.017

Р.В. Окунев*

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13807>**R. Okunev***

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

МЕТОДИКА, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННАЯ ПОДКЛАДКА, КОСТЮМ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ, ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ, ТЕПЛООТДАЧА

Защита личного состава при работе в горячей и холодной воде (на льду), нахождении на открытом воздухе при низкой температуре обеспечивается внутренней теплоизоляционной подкладкой костюма индивидуальной защиты с элементами положительной плавучести. В работе разработана и описывается методика расчета толщины теплоизоляционной подкладки с учетом величин размерных признаков типовой фигуры человека. Проведенные исследования позволили установить оптимальный пакет материалов, обладающий наилучшими показателями толщины и теплопроводности. Результаты работы реализованы при создании макета теплоизоляционной подкладки на РУП «Униформ» г. Микашевичи.

ABSTRACT

PROCEDURE, THERMAL INSULATION LINING, PERSONAL PROTECTIVE COSTUME, THERMAL CONDUCTIVITY, HEAT REMOVAL

Protection of manpower during operation in hot and cold water (on ice), being in the open air at low temperature is provided by internal heat insulation lining of individual protection costume with elements of positive buoyancy. The work developed and describes the procedure for calculating the thickness of the heat insulation lining, taking into account the values of dimensional features of a typical figure of a person. The studies enabled to establish an optimal package of materials with the best characteristics of thickness and thermal conductivity. The results of the work were implemented during the creation of a model of heat insulation lining at the Uniform Enterprise in Mikashevichi.

Защита личного состава подразделений, обеспечивающих ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, работе в горячей и холодной воде (на льду), нахождении на открытом воздухе при низкой температуре, обеспечивается наличием внутренней теплоизоляционной подкладки костюма индивидуальной защиты (ККИЗ).

Внутренняя теплоизоляционная подкладка предназначена для уменьшения потери теплоты в окружающую среду, а также сохранения необ-

ходимого температурного режима в подкостюмном пространстве создавая тем самым необходимые санитарные условия труда.

Известны в настоящее время научные работы, посвященные описанию механизма переноса теплоты в стационарном либо нестационарном режимах через многослойные материалы, пакеты материалов, ниточные соединения текстильных материалов. При этом материалы рассматриваются как плоская неограниченная пластина, так как их ширина и длина очень ве-

* E-mail: ramanokuneff@ya.ru (R. Okunev)

лики, по сравнению с толщиной, а между слоями материалов присутствует полный тепловой контакт [1, 2].

Целью работы является разработка методики расчета толщины теплоизоляционной подкладки ККИЗ с учетом теплообмена отдельных участков фигуры человека.

Материалы, используемые в теплоизоляционной подкладке, могут быть разнообразными и обладать низкой теплопроводностью. Анализируя различные виды материалов с учетом теплофизических, технико-экономических показателей, доступности для приобретения на рынках Республики Беларусь, установлено, что в качестве таких материалов можно использовать синтетический утеплитель Isosoft и полотно объемное термоскрепленное (синтепон) поверхностных плотностей 150 г/м^2 и 100 г/м^2 . Характеристика материалов дана в таблице 1.

В основу методики расчета толщины теплоизоляционной подкладки положена методика расчета толщины теплоизоляции для цилиндрической поверхности [4].

Сущность методики заключается в том, что фигура человека разбивается на простые фигуры (цилиндры) с характерными размерами, взятыми по ГОСТ 23167-91 «Фигуры военнослужащих типовые. Размерные признаки для проектирования военной одежды» [3].

Методика расчета толщины теплоизоляционной подкладки включает в себя следующие этапы:

1. Определение необходимых величин размерных признаков и определение их диамет-

ральных выражений.

2. Установление требований, предъявляемых к ККИЗ.

3. Определение коэффициентов теплопроводности выбранных образцов материалов.

4. Расчет значений теплоотдачи для соответствующего режима эксплуатации костюма.

5. Расчет толщины теплоизоляционной подкладки.

Типовая фигура военнослужащего для расчета принята по второй полнотной группе по следующим размерным признакам, **см**: рост – 170; обхват груди – 100; обхват талии – 88. Величины размерных признаков, использованных для расчета, представлены в таблице 2.

Расчет изоляции выполняют по обычным формулам теплопередачи [4].

Температура на поверхности костюма исходя из требований, предъявляемых к ККИЗ, задана равной $t_k = 70 \text{ }^\circ\text{C}$; температура внутреннего теплоизоляционного ККИЗ на поверхности не более $t_{\text{ног}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$; температура среды равна наружной температуре тела человека, $t_{\text{ср}} = 37 \text{ }^\circ\text{C}$; скорость ветра – $v_g = 0,2 \text{ м/с}$.

Условия использования костюма могут быть разными, поэтому коэффициент теплоотдачи $\alpha [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})]$ определим для нескольких вариантов эксплуатации.

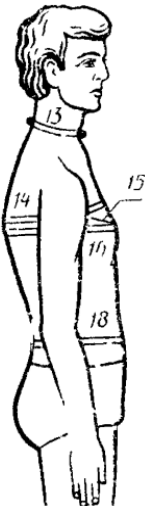
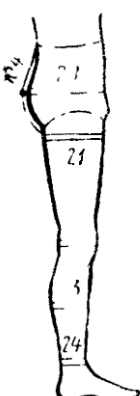
Для костюмов, находящихся на открытом воздухе [4]:

$$\alpha = 11,6 + 7\sqrt{v_g}, \quad (1)$$

Таблица 1 – Характеристика материалов

Наименование	Характеристика материала
Isosoft	– температура эксплуатации – до минус $35 \text{ }^\circ\text{C}$; – поверхностная плотность – от 40 до 300 г/м^2; – стоимость – 5,8–8,0 BYN за 1 пог. м; – доступен для приобретения в Республике Беларусь в неограниченном количестве
Полотно объемное термоскрепленное (синтепон)	– температура эксплуатации – до минус $25 \text{ }^\circ\text{C}$; – поверхностная плотность – от 40 до 1500 г/м^2; – стоимость – от 2,5 BYN за 1 пог. м; – доступен для приобретения в Республике Беларусь в неограниченном количестве

Таблица 2 – Величины размерных признаков типовых фигур военнообязанных 2-й полнотной группы

Номер размерного признака на чертеже	Размерный признак	Чертеж	Величина размерного признака, см	Диаметральное выражение размерного признака, м $d_{\text{вн}} \cdot 10^{-2}$
13	Обхват шеи		41,1	13,09
15	Обхват груди второй		104,9	33,41
28	Обхват плеча		32,4	10,32
21	Обхват бедра		57,3	18,25

где $v_{\text{в}}$ – скорость ветра, м/с.

В условиях вынужденной и естествен-

ной конвекции коэффициент теплоотдачи
 $\alpha [Вт/(м^2 \cdot К)]$ определяем по более универ-

сальной формуле [4]

$$\alpha = 2,56 \sqrt{\frac{v_e + 0,33}{0,33}} \sqrt[4]{t_{нов} - t_{cp}}, \quad (2)$$

где $t_{нов}$, t_{cp} – температуры внутреннего теплоизоляционного ККИЗ на поверхности и температура среды, °C.

Для определения толщины теплоизоляции цилиндрической поверхности можно воспользоваться формулой [4]

$$\frac{d_n}{d_{вн}} \ln \frac{d_n}{d_{вн}} = \frac{2\lambda_{уз}(t_k - t_{нов})}{\alpha d_{вн}(t_{нов} - t_{cp})}, \quad (3)$$

где d_n , $d_{вн}$ – наружный и внутренний (наружный диаметр изолируемой поверхности) диаметр теплоизоляционной подкладки, м; $\lambda_{уз}$ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м · °C).

По значению $\frac{d_n}{d_{вн}} \ln \frac{d_n}{d_{вн}}$ определяют $\frac{d_n}{d_{вн}}$ и далее толщину теплоизоляционной подкладки находят по выражению [2]

$$\delta = \frac{d_{вн}}{2} \left(\frac{d_n}{d_{вн}} - 1 \right). \quad (4)$$

Для эффективной работы теплоизоляционной подкладки необходимо, чтобы $d_{m.n} \leq d_{вн}$, где $d_{m.n} = 2\lambda_{уз} / \alpha$; $d_{m.n}$ – критический диаметр теплоизоляционной подкладки, м; $d_{вн}$ – внешний диаметр размерного признака (внутренний диаметр теплоизоляционной подкладки), м; α – коэффициент теплоотдачи во внешнюю среду, Вт/(м² · К); $\lambda_{уз}$ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м · °C).

Теплопроводность выбранных материалов определялась на лабораторной установке, показанной на рисунке 1.

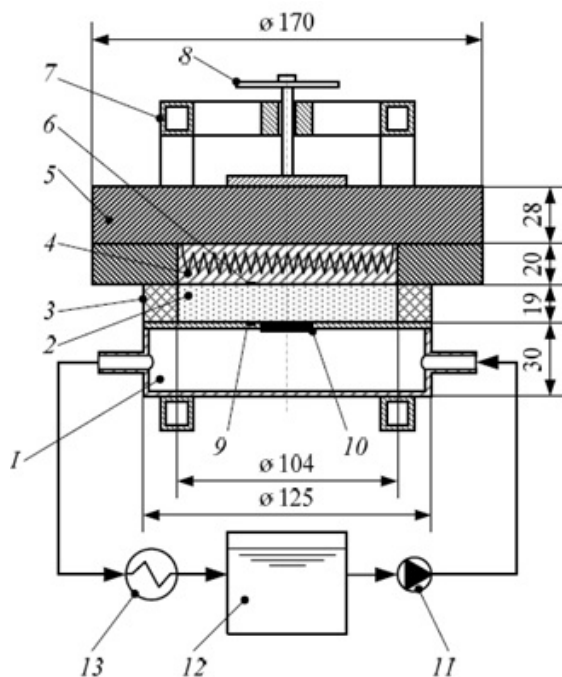


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки:

1 – водяной охладитель; 2 – исследуемый материал; 3 – теплоизоляционное кольцо; 4 – электронагреватель; 5 – текстолитовый диск; 6, 9 – датчики температуры; 7 – опорная рама; 8 – барашек; 10 – датчик плотности теплового потока; 11 – насос; 12 – бак холодной воды; 13 – воздушный охладитель контура холодной воды

Установка содержит массивный текстолитовый диск 5, выполняющий роль теплоизолятора, в котором имеется цилиндрическая глухая полость. В ней размещен электронагреватель 4, залитый металлом с высокой теплопроводностью, что обеспечивает создание равномерного температурного поля. Между нагревателем и водяным холодильником 1 расположено теплоизоляционное кольцо 3, которое применяется при исследовании теплопроводности сформированного пакета материалов. При изучении теплопроводности твердых тел кольцо удаляется, а на его место устанавливается изучаемый образец в форме диска. Тепловой поток, прошедший через диск, отводится водой холодного контура.

Вся система находится на опорной раме 7, позволяющей разъединять нагреватель и холодильник вращением барашка 8, а также зажимать опытный образец между ними, чтобы свести к минимуму контактное тепловое сопротивление.

Регулирование теплового потока электронагревателя происходит ступенчато. Для измерения температуры поверхности t_1 и t_2 опытного образца использованы датчики 6 и 9, которые установлены на наружной поверхности нагревателя и холодильника, а плотность теплового потока q фиксируется показывающим прибором по сигналу датчика теплового потока 10, установленного в середине заподлицо с наружной поверхностью холодильника.

Датчик теплового потока представляет собой гальваническую термобатарею из нескольких сот последовательно соединенных термопар, сложенных бифилярно в спираль и залитую эпоксидным компаундом с различными добавками. Датчик имеет два вывода (по одному от каждого конца чувствительного элемента). Работа датчика основана на принципе «дополнительной стенки». Датчик закрепляется на теплообменной поверхности исследуемого объекта, образуя дополнительную стенку.

Тепловой поток, проходящий через датчик, создает в нем градиент температур и соответствующий термоэлектрический сигнал. Величина плотности теплового потока пропорциональна этому сигналу, что позволяет соответственно проградуировать прибор, измеряющий термо-ЭДС.

Абсолютная погрешность измерения температур $\pm 0,5^\circ\text{C}$, а плотности теплового потока $\pm 1 \text{ Вт/м}^2$.

Методика проведения эксперимента:

1. Подготовка образца круглой формы диаметром 100 мм.

2. В соответствии с ГОСТ 12023-2003 (ISO 5084:1996) «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины» [5] при давлении на поверхности образца $(1 \pm 0,01) \text{ кПа}$ измеряется толщина образца не менее 5 участков образца, определяется δ_{cp} как среднеарифметическое значение результатов измерений.

3. Исследуемый образец материала устанавливается внутрь установки и зажимается с помощью винтового механизма между нагревателем и датчиком теплового потока.

4. Включается циркуляция охлаждающей воды, обеспечивается расход $g = 0,015 - 0,020 \text{ л/с}$.

5. Устанавливается мощность электронагревателя для поддержания температуры $t_1 = 70 \pm 3^\circ\text{C}$.

6. После наступления стационарного режима теплопередачи (когда значения температур и плотности теплового потока перестанут изменяться) фиксируются показания приборов.

7. Коэффициент теплопроводности λ определяется по формуле [6]

$$\lambda = \frac{q \cdot \delta}{t_1 - t_2}, \quad (5)$$

где q – плотность теплового потока, Вт/м^2 ; δ – толщина материала, мм; t_1 – температура наружной поверхности нагревателя, $^\circ\text{C}$; t_2 – температура наружной поверхности холодильника, $^\circ\text{C}$.

8. Эксперимент повторяется не менее 5 раз, определяется среднеарифметическое значение коэффициента теплопроводности при 95 %-ном доверительном интервале.

Результаты исследований значений теплопроводности материалов представлены в таблице 3.

Результаты расчета толщины подкладки с теплоизоляционным материалом Isosoft (150 г/м^2) при коэффициенте теплоотдачи, рассчитанного

Таблица 3 – Результаты исследований теплопроводности материалов ККИЗ

Наименование материала	Толщина материала, м, $\delta \cdot 10^{-3}$	Коэффициент теплопроводности, $Вт/(м \cdot ^\circ C)$
Полотно объемное термоскрепленное (синтепон)	8,00	0,0567
Isosoft	8,00	0,0451

 Таблица 4 – Результаты расчета толщины подкладки с теплоизоляционным материалом Isosoft (150 г/м²) при коэффициенте теплоотдачи, рассчитанном по формуле (1)

Номер размерного признака на чертеже	Размерный признак	α , $Вт/(м^2 \cdot K)$	$\frac{d_n}{d_{en}} \ln \frac{d_n}{d_{en}}$	$\frac{d_n}{d_{en}}$	$d_{m.n} \cdot 10^{-3}, м$	$\delta \cdot 10^{-3}, м$
13	Обхват шеи	14,73	0,082	1,03	6,12	5,23
15	Обхват груди второй		0,032	1,10		5,01
28	Обхват плеча		0,104	1,06		5,16
21	Обхват бедра		0,059	1,08		5,48

 Таблица 5 – Результаты расчета толщины подкладки с теплоизоляционным материалом Isosoft (150 г/м²) при коэффициенте теплоотдачи, рассчитанном по формуле (2)

Номер размерного признака на чертеже	Размерный признак	α , $Вт/(м^2 \cdot K)$	$\frac{d_n}{d_{en}} \ln \frac{d_n}{d_{en}}$	$\frac{d_n}{d_{en}}$	$d_{m.n} \cdot 10^{-3}, м$	$\delta \cdot 10^{-3}, м$
13	Обхват шеи	8,26	0,199	1,19	10,90	12,43
15	Обхват груди второй		0,078	1,07		11,69
28	Обхват плеча		0,253	1,23		11,87
21	Обхват бедра		0,143	1,14		12,77

по формуле (1) и (2), даны в таблицах 4 и 5.

Результаты расчета толщины подкладки с полотном объемным термоскрепленным (100 г/м²) при коэффициентах теплоотдачи, рассчитанных по формулам (1) и (2), даны в таблицах 6 и 7.

Анализируя полученные данные таблиц 4–7, можно сделать следующие выводы:

– материал Isosoft обладает лучшими показателями теплопроводности в сравнении с полот-

ном объемным термоскрепленным (синтепон);

– рассчитанная толщина теплоизоляционной подкладки из материала Isosoft на 20–30 % меньше, чем из синтепона.

Предложенная методика расчета теплоизоляционной подкладки позволяет определить оптимальную толщину теплоизоляционной подкладки в пакете материалов с учетом топографии размещения, различных вариантов эксплуатации, что положительно сказывается на эр-

Таблица 6 – Результаты расчета толщины подкладки с полотном объемным термоскрепленным (100 г/м^2) при коэффициенте теплоотдачи, рассчитанном по формуле (1)

Номер размерного признака на чертеже	Размерный признак	$\alpha,$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\frac{d_n}{d_{en}} \ln \frac{d_n}{d_{en}}$	$\frac{d_n}{d_{en}}$	$d_{m.n} \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	$\delta \cdot 10^{-3}, \text{ м}$
13	Обхват шеи	14,73	0,102	1,10	6,12	6,54
15	Обхват груди второй		0,040	1,04		6,71
28	Обхват плеча		0,130	1,13		6,39
21	Обхват бедра		0,073	1,07		6,55

Таблица 7 – Результаты расчета толщины подкладки с полотном объемным термоскрепленным (100 г/м^2) при коэффициенте теплоотдачи, рассчитанном по формуле (2)

Номер размерного признака на чертеже	Размерный признак	$\alpha,$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\frac{d_n}{d_{en}} \ln \frac{d_n}{d_{en}}$	$\frac{d_n}{d_{en}}$	$d_{m.n} \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	$\delta \cdot 10^{-3}, \text{ м}$
13	Обхват шеи	6,04	0,248	1,23	18,54	15,10
15	Обхват груди второй		0,097	1,11		18,37
28	Обхват плеча		0,015	1,29		15,00
21	Обхват бедра		0,016	1,17		15,50

гономике костюма в целом. Работа выполнялась в рамках финансируемого НИОКР по заданию «Разработка комбинированного костюма индивидуальной защиты с элементами положительной плавучести» государственной программы

научных исследований «Информатика, космос и безопасность». Результаты работы реализованы при создании макета теплоизоляционной подкладки на РУП «Униформ» г. Микашевичи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Довыденкова, В. П. (2017), Моделирование процесса переноса теплоты через участки околосшовной зоны одежды специального назначения в условиях нестационарной теплопроводности, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2017, № 1 (32), С. 41–52.

REFERENCES

1. Dovydenkova, V. P. (2017), Modeling of the process of heat transfer through sections of the near-bone zone of special-purpose clothing in conditions of non-stationary thermal conductivity [Modelirovaniye protsessa perenosa tepla cherez uchastki okoloshovnoy zony odezhdy spetsial'nogo naznacheniya v

2. Довыденкова, В. П., Ольшанский, В. И., Дмитрикович, Н. М., Прохоров, А. П. (2013), Расчет теплофизических параметров материала верха специальной защитной одежды пожарных с применением средств автоматизированного вычисления, *Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидации*, 2013, № 1 (33), С. 94–102.
3. ГОСТ 23167-91. *Фигуры военнослужащих типовые. Размерные признаки для проектирования военной одежды*, введ. 07.01.92, (1992), Москва, Издательство стандартов.
4. Акулич, П. В. (2010), Расчеты сушильных и теплообменных установок, *Белорусская наука*, Минск, 443 с.
5. ГОСТ 12023-2003 (ISO 5084:1996). *Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины*, введ. 01.12.05, (2005), Москва, Стандартинформ.
6. Михеев, М. А., Михеева, И. М. (1977), Основы теплопередачи, *Энергия*, Москва, 343 с.
- usloviyakh nestatsionarnoy teploprovodnosti], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2017, № 1 (32), pp. 41–52.
2. Dovydenkova, V. P., Olshanskiy, V. I., Dmitry, N. M., Prokhorov, A. P. (2013), Calculation of thermophysical parameters of the material of the top of special protective clothing of firefighters with the use of means of automated calculation [Raschet teplofizicheskikh parametrov materiala verkhney zashchitnoy odezhdy], *Emergencies: prevention and liquidation*, 2013, № 1 (33), pp. 94–102.
3. GOST 23167-91. *Military personnel figures are typical. Dimensional Signs for Military Clothing Design*, vved. 07.01.92, (1992), Moscow, Izdatel'stvo standartov.
4. Akulich, P. V. (2010), Raschety sushil'nykh i teploobmennyykh ustanovok [Calculations of drying and heat exchange plants], *Belarusian science*, Minsk, p. 443.
5. GOST 12023-2003 (ISO 5084:1996). *Textile materials and products. Method of determination of thickness*, vved. 01.12.05, (2005), Moscow, Standartinform.
6. Miheev, M. A., Miheeva, I. M. (1977), Foundations of Heat Transfer [Osnovy teploperedachi], *Energia*, Moscow, p. 343.

Статья поступила в редакцию 21. 02. 2020 г.

ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ТОНКИХ ПЛОСКИХ ВЛАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

HEAT AND MASS TRANSFER DURING CONVECTIVE DRYING OF THIN FLAT WET MATERIALS

УДК 66.047.1

А.И. Ольшанский*, А.А. Котов

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13808>**A. Alshanski*, A. Kotow**

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА, СКОРОСТЬ СУШКИ, ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ, ТЕМПЕРАТУРА, ИНТЕНСИВНОСТЬ ИСПАРЕНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООБМЕНА, КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ, ЧИСЛО БИО

Изложена методика расчета конвективной сушки тонких материалов легкой промышленности на основе уравнения кинетики сушки А. В. Лыкова и метода расчета сушки Б. С. Сажина. Приведена обработка экспериментальных данных по сушке шерстяного войлока, натуральной кожи и ткани. Даны уравнения для определения плотностей тепловых потоков, интенсивности испарения влаги, длительности сушки и температуры для периода падающей скорости. Вычислены значения коэффициента теплообмена и числа Био для второго периода сушки. Установлено, что при мягких режимах сушки и незначительных градиентах температуры по сечению тонкого тела число Био принимает значения меньше единицы, и основным лимитирующим фактором при сушке тонких материалов является внешний тепловлагообмен поверхности испарения с окружающей средой. Показано, что относительная скорость сушки определяется только влагосодержанием материала и не зависит от режима сушки. Дано сопоставление расчетных параметров сушки по приведенным формулам с опытными значениями. Несовпадение значений находится в допустимой зоне точности проведения эксперимента.

ABSTRACT

CONVECTIVE DRYING, DRYING SPEED, MOISTURE CONTENT, TEMPERATURE, RATE OF EVAPORATION, HEAT TRANSFER COEFFICIENT, HEAT CONDUCTION COEFFICIENT, THE BIO NUMBER

The method of calculating convective drying of light industry thin materials based on the A. V. Lykov's equation of drying kinetics and the B. S. Sazhin's calculating method of drying is described. Processing of experimental data on wool felt drying, natural leather drying and fabrics drying is presented. Equations for determining the densities of heat flows, the intensity of moisture evaporation, the duration of drying process, and the temperature for the period of falling velocity are given. The values of the heat transfer coefficient and the Bio number for the second drying period are calculated. It was found that under mild drying conditions and insignificant temperature gradients along the thin body cross-section, the Bio number takes values less than one, and the main limiting factor for drying thin materials is the external heat and humidity exchange of the evaporation surface with the environment. It is shown that the relative drying speed is determined only by the moisture content of the material and does not depend on the drying mode. The comparison of the calculated parameters of drying according to the given formulas with the experimental values is given. The mismatch of values is in the acceptable accuracy zone of the experiment.

* E-mail: tiomp@vstu.by (A. Alshanski)

ВВЕДЕНИЕ

Кинетикой принято называть изменение среднего влагосодержания и средней температуры материала в процессе сушки. В условиях протекания процесса при мягких режимах сушки весь процесс разделяют на периоды прогрева материала, постоянной скорости сушки (первый период) и падающей скорости (второй период). При сушке тонких материалов период прогрева очень мал по сравнению с длительностью сушки. Период постоянной скорости протекает при постоянной температуре мокрого термометра t_m . В большинстве случаев сушка при мягких режимах происходит и при постоянной температуре, равной t_m . Второй период начинается от критического влагосодержания $\bar{u}_{кр}$ с возрастанием температуры от t_m до температуры среды t_c при времени сушки $\tau \rightarrow \infty$.

Сушка ряда материалов может происходить сразу от начального влагосодержания $\bar{u}_0$ в периоде падающей скорости с непрерывным повышением температуры [1–3]. Сушка текстильных материалов после механического отжима также происходит в периоде падающей скорости [1–3].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Основной задачей кинетики сушки является определение длительности сушки. Аналитический путь решения данной задачи очень сложен и не всегда возможен. В силу этих трудностей необходимо прибегать к экспериментальным исследованиям для разработки приближенных зависимостей для расчета кинетики сушки с минимальным числом постоянных, определяемых опытным путем [1, 3–5]. При этом более эффективными являются такие методы, которые основаны на наиболее общих закономерностях сушки и устойчивых комплексных переменных, характерных для процесса сушки. Выбор теплового режима, размер и тип сушильного аппарата существенно зависят от продолжительности сушки конкретного материала и решением этой задачи определяется эффективность работы установки, расход энергии на сушку и качество высушиваемого материала.

Целью исследования является разработка на основании уравнения кинетики сушки А. В. Лыкова с использованием метода расчета кинетики Б. С. Сажина достаточно простой надежной методики расчета длительности сушки исполь-

зуемых в легкой промышленности тонких плоских влажных материалов, таких как натуральная кожа, ткань, войлок.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Основное уравнение кинетики сушки запишем в виде баланса тепла [1, 6]

$$\frac{q_{II}}{q_I} = \frac{j_{II} \cdot r}{j_I \cdot r} = \frac{\bar{\alpha}}{\bar{\alpha}_{кр}} \cdot \frac{\Delta t_{II}}{\Delta t_I} = N^* (1 + Rb), \quad (1)$$

где q_I, q_{II} – плотности потока тепла в первом и втором периодах сушки; j_I, j_{II} – интенсивность испарения влаги в первом и втором периодах сушки; r – теплота парообразования; $\bar{\alpha}_{кр}, \bar{\alpha}$ – коэффициенты теплообмена в первом и втором периодах сушки; $\Delta t_I, \Delta t_{II}$ – разности температур в периодах сушки:

$$\Delta t_I = t_c - t_m,$$

$$\Delta t_{II} = t_c - \bar{t};$$

$\bar{t}$ – среднеинтегральная температура во втором периоде; N^* – относительная скорость сушки; Rb – число Ребиндера.

Путем обработки экспериментальных данных по сушке ряда различных материалов установлена обобщенная зависимость [6]

$$\frac{Nu}{Nu_{кр}} = \frac{\bar{\alpha}}{\bar{\alpha}_{кр}} = N^{*0,57}, \quad (2)$$

где $Nu_{кр}, Nu$ – теплообменные критерии Нуссельта в первом и втором периодах сушки.

Уравнение (2) представим в виде

$$N^* = \left(\frac{\bar{\alpha}}{\bar{\alpha}_{кр}} \right)^{1,754}. \quad (3)$$

Экспериментальными исследованиями установлено [1, 3, 4, 6], что коэффициенты теплообмена $\bar{\alpha}$ во втором периоде сушки изменяются с уменьшением влагосодержания материала по эмпирической зависимости [1, 4, 6]

$$\frac{\bar{\alpha}}{\bar{\alpha}_{кр}} = \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{кр}} \right)^n, \quad (4)$$

где $\bar{u}$ и $\bar{u}_{кр}$ – текущее и критическое влагосодержание материала, соответствующее переходу от первого периода сушки ко второму. Постоянная n зависит от вида влажного материала и не зависит от режима сушки.

На основании зависимости (4) и уравнения (1) запишем для тепловых потоков

$$\frac{q_{II}}{q_I} = \left(\frac{\bar{\alpha}}{\bar{\alpha}_{кр}} \right)^{1,754} = \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{кр}} \right)^{1,754 \cdot n}. \quad (5)$$

Плотность потока тепла в первом периоде сушки определяется по уравнению

$$q_I = r \rho_0 R_V N, \quad (6)$$

где ρ_0 – плотность сухого материала, $R_V = V/F = \delta$ – толщина материала, определяемая как отношение объема тела к площади его поверхности, N – скорость сушки в первом периоде. Тогда из уравнений (5) и (6) плотность потока тепла во втором периоде сушки

$$q_{II} = q_I \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{кр}} \right)^{1,754 \cdot n} = r \rho_0 R_V N \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{кр}} \right)^{1,754 \cdot n}. \quad (7)$$

Расход тепла на нагревание тонкого влажного материала значительно меньше расхода тепла на испарение из него влаги ($c_{вл} \cdot \Delta t \ll r$, где $c_{вл}$ – удельная теплоемкость влажного материала) и для таких тел число Ребиндера $Rb \ll 1$ [1, 6, 7].

В реальных условиях сушки тонких материалов при $\bar{u} \rightarrow u_p$, где u_p – равновесное влагосодержание материала, числа $Rb \approx 0,1-0,25$. При малых величинах числа Rb его значениями можно пренебречь.

Из уравнения баланса тепла (1) определяется интенсивность испарения влаги во втором пери-

оде сушки

$$\frac{j_{II}}{j_I} = \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{кр}} \right)^{1,754 \cdot n};$$

$$j_{II} = j_I \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{кр}} \right) = \rho_0 R_V N \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{кр}} \right)^{1,754 \cdot n}, \quad (8)$$

где $\rho_0 R_V N$ – интенсивность испарения влаги в первом периоде сушки.

Температуру материала во втором периоде сушки можно определить из уравнения (1). Запишем, при $Rb = 0$

$$\frac{\Delta t_{II}}{\Delta t_I} = \frac{t_c - \bar{t}}{t_c - t_m} = N^* \left(\frac{\bar{\alpha}}{\bar{\alpha}_{кр}} \right)^{-1}. \quad (9)$$

Подставляя N^* из уравнения (3), с учетом (4) получим

$$\frac{t_c - \bar{t}}{t_c - t_m} = \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{кр}} \right)^{0,754 \cdot n}. \quad (10)$$

Среднеинтегральная температура во втором периоде сушки

$$\bar{t} = t_c - (t_c - t_m) \cdot \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{кр}} \right)^{0,754 \cdot n}. \quad (11)$$

Для материалов, сушка которых происходит в периоде падающей скорости, отношение влагосодержаний $(\bar{u}/\bar{u}_{кр})$ необходимо заменить на отношение $(\bar{u}/\bar{u}_0)$.

Температуру материала во втором периоде можно вычислить по уравнению [7]

$$\bar{t} = t_c - (t_c - t_m) \cdot \exp(-m_t \cdot \tau_{II}), \quad (12)$$

где m_t – темп нагрева.

Длительность сушки во втором периоде τ_{II} определяется по формуле [3]

$$\tau_{II} = \frac{1}{K} \ln \frac{\bar{u}_{np} - u_p}{\bar{u} - u_p}, \quad (13)$$

где K – эффективный коэффициент скорости сушки.

Темп нагрева тонкого влажного материала m_t при малых значениях числа Био $Bi < 1$ равен [8, 14]

$$m_t = \frac{\bar{\alpha}}{c_{en} \cdot \rho_0 \cdot R_V}.$$

Темп нагрева m_t определяется из опыта путем измерения температуры в любой точке тела для двух последовательных моментов времени регулярного режима [7, 8, 14]

$$m_t = \frac{\ln \frac{t_c - t_1}{t_c - t_2}}{\tau_2 - \tau_1}.$$

Б. С. Сажиным в основу расчета кинетики сушки положено обобщенное уравнение массопередачи [4, 9]

$$\left| \frac{d\bar{u}}{d\tau} \right| = K (\bar{u}_{np} - \bar{u}) \cdot (\bar{u} - u_p), \quad (14)$$

где $d\bar{u}/d\tau$ – скорость сушки; $\bar{u}_{np}$ – влагосодержание, достигаемое материалом в стадии прогрева.

Интегрированием (14) от начального влагосодержания $\bar{u}_0$ с учетом влагосодержания $\bar{u}_{np}$ получим длительность сушки до любого заданного значения текущего влагосодержания [9]

$$\tau = \frac{\bar{u}_0}{K(\bar{u}_0 - u_p)} \cdot Z. \quad (15)$$

Параметр Z определяется выражением [9]

$$Z = \ln \frac{(\bar{u}_0 - \bar{u}) \cdot (\bar{u}_{np} - u_p)}{(\bar{u}_0 - \bar{u}_{np}) \cdot (\bar{u} - u_p)}. \quad (16)$$

В системе координат $Z = f(\tau)$ кривые кинетики представляют собой прямые, угол наклона которых определяет скорость сушки K , а отрезки, отсекаемые по оси Z при $\bar{u} = u_p$, равны $Z_0 = \bar{u}_{np}$, определяемые по уравнению (15).

На рисунках 1, 2 и 3 изображены кривые сушки $\bar{u} = f(\tau)$ и температурная кривая $\bar{t} = f(\tau)$ для одного из режимов сушки шерстяного войлока, стелечного полувала (натуральная кожа) и тонкой ткани. Кривые сушки для кожи и ткани взяты из [10, 11]. Значения режимов сушки соответствуют обозначениям, приведенным в таблице 1.

Обработка кривых кинетики сушки $Z = f(\tau)$, представленных на рисунках 1, 2 и 3 (б), дает простое уравнение длительности процесса сушки

$$\tau = \frac{1}{K} (Z - Z_0). \quad (17)$$

Величина Z_0 определяется по (15) при значении $\bar{u} = \bar{u}_{np}$.

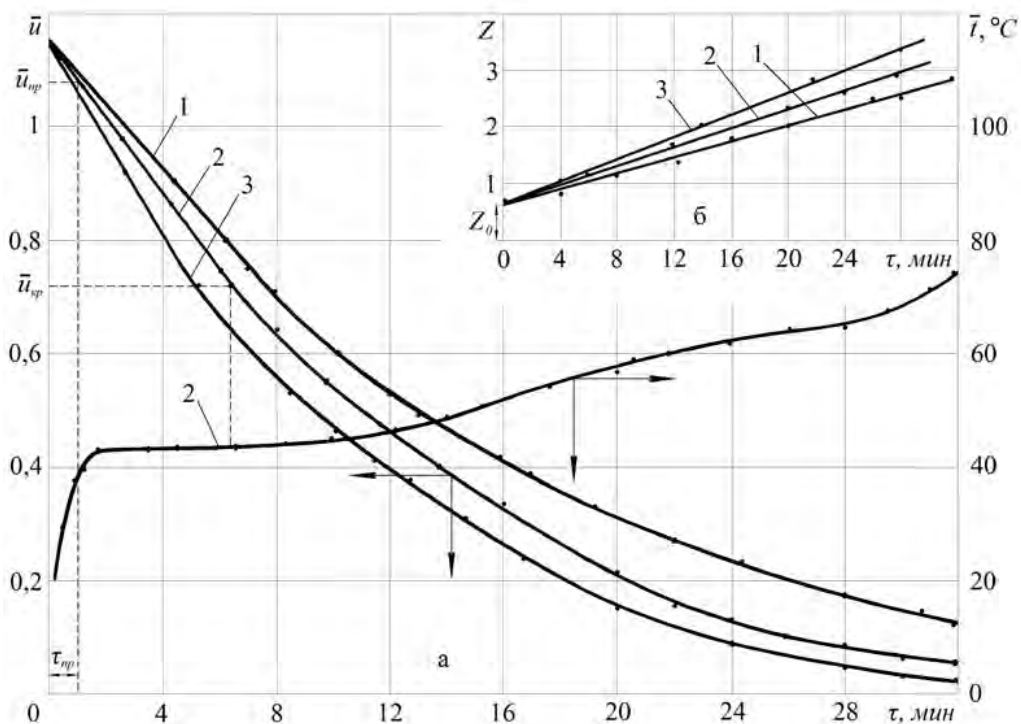
Скорость сушки влажного материала $d\bar{u}/d\tau$ в общем случае определяется двумя механизмами переноса: механизмом тепломассообмена между поверхностью испарения тела и внешней средой (внешний перенос) и механизмом тепломассопереноса внутри самого тела (внутренний перенос) [4, 9, 12].

При низкой интенсивности внешнего теплообмена при сушке тонких материалов при малых градиентах температуры теплообменный критерий $Bi \ll 1$. Лимитирующим фактором, определяющим интенсивность теплообмена, является взаимодействие поверхности испарения с внешней средой [4, 7, 9]. При этом в реальных условиях сушки теплообменные критерии Bi и Bi_m оказываются приблизительно одинаковыми [13]. В этих условиях внутренний перенос слабо влияет на скорость сушки [4, 8, 14].

В результате обработки большого числа экспериментальных данных по сушке различных материалов была получена формула для теплообменного критерия Нуссельта [1, 6, 7, 15]

Таблица 1 – Режимные параметры конвективной сушки войлока, стелечного полуваля и шерстяной ткани

Показатели Режимы	$t_c, ^\circ\text{C}$	$v, \text{м/с}$	$\varphi, \%$	u_p	$t_m, ^\circ\text{C}$	$\bar{u}_{кр}$	$N \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$
Шерстяной войлок (рисунок 1)							
1	90	5	5	0,02	38	0,75	0,84
2	120	3	5	0,02	40	0,75	1,03
3	120	5	5	0,01	42	0,72	1,22
Стелечный полуваля (рисунок 2)							
1	40	1	60	0,16	33	0,66	0,095
2	60	1	45	0,145	36	0,8	0,118
3	40	1	40	0,15	35	0,65	0,19
Шерстяная тонкая ткань (рисунок 3)							
1	90	5,3	6	0,02	40	—	11,2
2	90	2,8	5	0,015	39	—	9,5
3	87	0,9	4	0,062	35	—	5,5
4	63	5,6	25	0,04	39	—	6,5
5	50	5,6	30	0,045	30	—	4,5


 Рисунок 1 – Кривые сушки $\bar{u} = f(\tau)$ и температурная кривая $\bar{t} = f(\tau)$ для режима сушки № 2 в процессе конвективной сушки шерстяного войлока (а) и зависимость параметра $Z = f(\tau)$ (б). Режимы сушки указаны в таблице 1

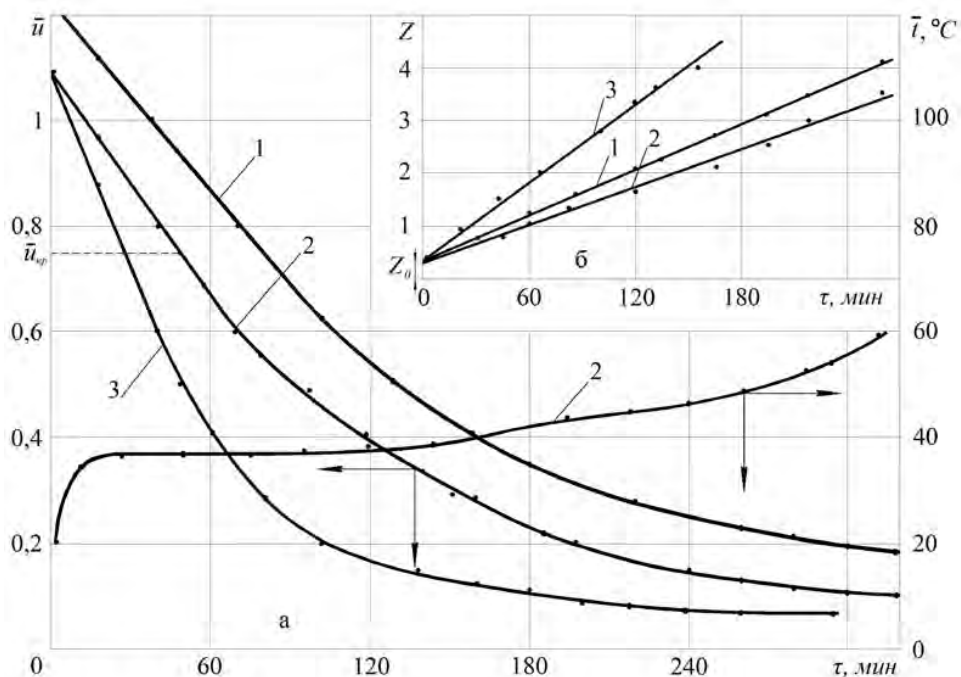


Рисунок 2 – Кривые сушки $\bar{u} = f(\tau)$ и температурная кривая $\bar{t} = f(\tau)$ для режима сушки № 2 в процессе конвективной сушки стелечного полуваля (а) и зависимость параметра $Z = f(\tau)$ (б). Режимы сушки указаны в таблице 1

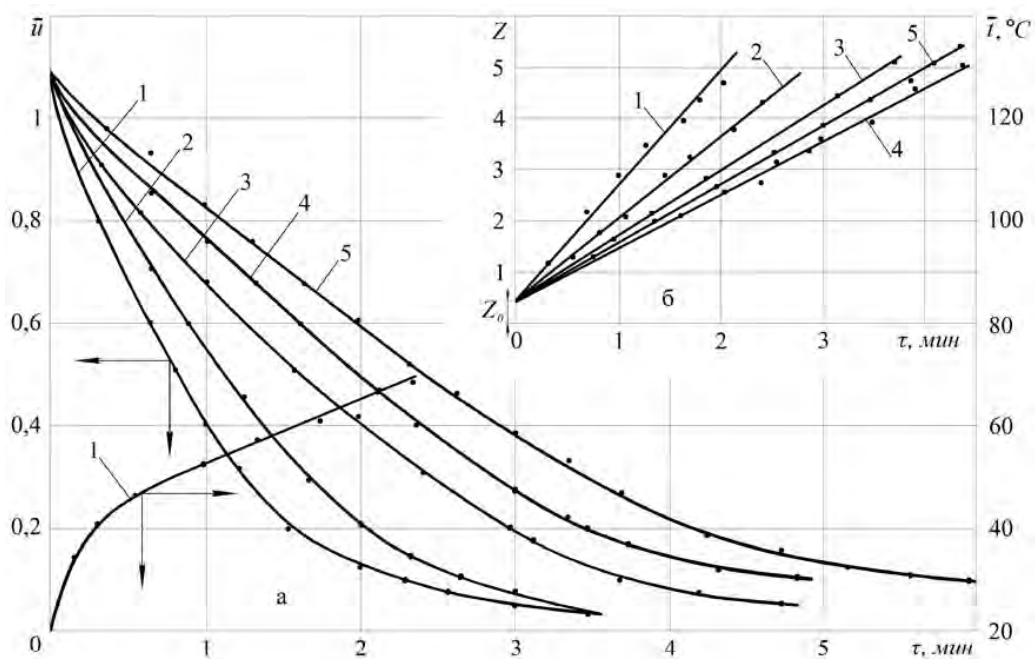


Рисунок 3 – Кривые сушки $\bar{u} = f(\tau)$ и температурная кривая $\bar{t} = f(\tau)$ для режима сушки № 1 в процессе конвективной сушки ткани (а) и зависимость параметра $Z = f(\tau)$ (б). Режимы сушки указаны в таблице 1

$$Nu = A \cdot Re^{0,5} \cdot \left(\frac{T_c}{T_m} \right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{кр}} \right)^n, \quad (18)$$

где Nu и Re – критерии Нуссельта и Рейнольдса; T_c , T_m – абсолютные температуры среды и мокрого термометра.

Установлены значения коэффициента A и постоянной n в уравнении (18) [1, 6, 14, 15]: для шерстяного войлока $A = 0,435$, $n = 0,5$; для натуральной кожи $A = 0,9$, $n = 0,65$; для тканей $A = 0,89$, $n = 0,42$.

На рисунке 4 представлены зависимости $lg \bar{a}/\bar{a}_{кр} = f(lg \bar{u}/\bar{u}_{кр})$ для конвективной сушки тканей, натуральной кожи и шерстяного войлока [1, 6, 15].

Значения коэффициента теплообмена $\bar{a}$, вычисленные по уравнению (18) и критерию Нуссельта

$$\bar{a} = \frac{Nu \cdot \lambda_{воз.}}{l},$$

где $\lambda_{воз.}$ – коэффициент теплопроводности воз-

духа; l – длина образца материала по направлению потока воздуха, даны в таблице 2.

Число Био

$$Bi = \frac{\bar{\alpha} \cdot \delta}{\lambda_{вл.}}, \quad (19)$$

где $\lambda_{вл.}$ – коэффициент теплопроводности влажного материала. За определяющий размер влажного тела принимается толщина материала δ . Значения числа Bi , вычисленные по (19), приведены в таблице 2.

Следует отметить, что в решениях дифференциальных уравнений тепломассопереноса для неограниченной пластины в краевых условиях третьего рода (сушка) за определяющий размер принимается половина толщины пластины, а начало координат помещается в центральной плоскости пластины. Следовательно, значения

$$Bi = \frac{\alpha \cdot \delta/2}{\lambda_{вл.}}$$

будут значительно меньше.

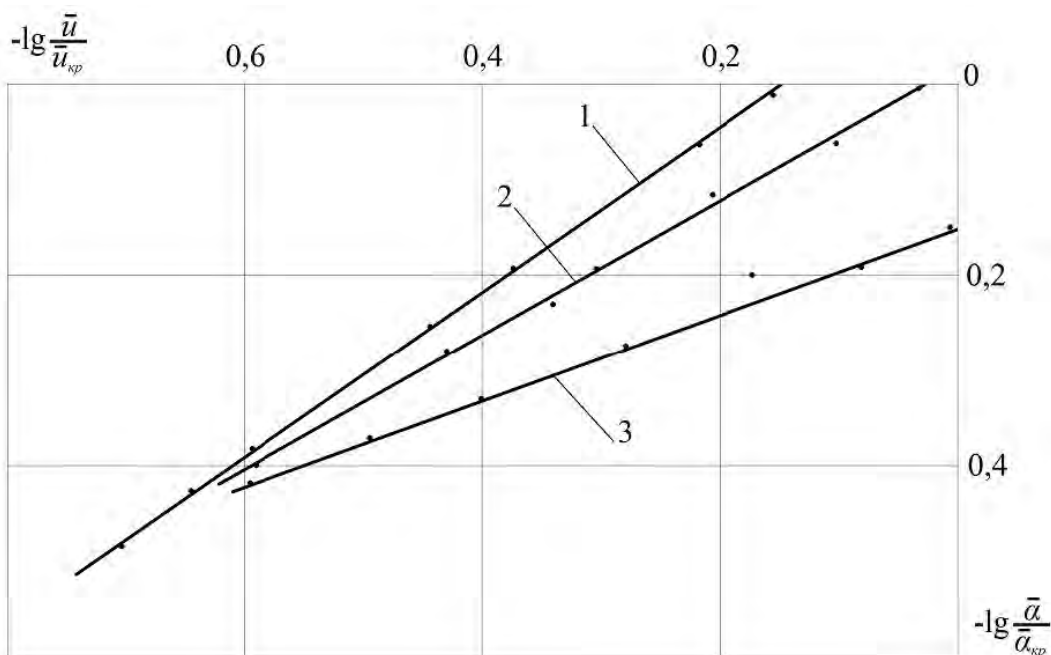


Рисунок 4 – Зависимость $lg \bar{a}/\bar{a}_{кр} = f(lg \bar{u}/\bar{u}_{кр})$ в процессе конвективной сушки материалов при разных режимах сушки: 1 – ткани, 2 – натуральная кожа, 3 – шерстяной войлок

Таблица 2 – Численные значения параметров кинетики конвективной сушки войлока, стелечного полуваля, ткани и сопоставление полученных данных с экспериментом

$\bar{u}$	a , $Вт/м^2 \cdot град$ (18)	$\lambda_{вл.}$, $Вт/м \cdot град$ (20)	Bi (19)	q , $Вт/м^2$ (7)	$j_{II} \cdot 10^3$, $кг/м^2 \cdot с$ (8)	τ , мин экс. (15)	τ , мин экс. (15)	τ_{II} , мин экс. (13)	τ_{III} , мин экс. (13)	$\bar{t}$, °C экс. (11)	$\bar{t}$, °C (11)	$\bar{t}$, °C (12)
Шерстяной войлок, пластина 200×150×6 мм; $\rho_0 = 160 кг/м^3$; $\lambda_0 = 0,052 Вт/м \cdot град$. Режим сушки: $t_c = 120 °C$; $v = 3 м/с$; $\varphi = 5 \%$; $\bar{u}_0 = 1,14$; $\bar{u}_{кр} = 0,75$; $N = 0,96 \cdot 10^{-3} с^{-1}$; $t_m = 42 °C$; $\bar{a}_{кр} = 30,2 Вт/м^2 \cdot град$; $\tau_I = 6 мин$; $q_I = 2210 Вт/м^2$; $j_I = 0,92 \cdot 10^{-3} кг/м^2 \cdot с$; $t_i = 0,022 мин^{-1}$; $K = 0,014 мин^{-1}$ (режим сушки № 2)												
0,7	29,2	0,278	0,64	2080	0,866	6,5	6,3	1,0	0,92	44	45	44,0
0,6	26,7	0,237	0,67	1817	0,756	8,2	8,2	2,5	2,9	45	45,5	46,4
0,5	23,6	0,212	0,66	1549	0,644	11,0	10,6	5,0	5,2	48	49	50,0
0,4	17,8	0,176	0,62	1273	0,531	14,0	13,5	8,0	8,2	50	52	52,5
0,3	12,6	0,142	0,59	989	0,412	17,0	17,2	11,5	11,9	57	58	60,5
0,2	10,7	0,114	0,61	694	0,288	21,5	22,4	16,5	17,2	62	63	64,5
0,1	8,6	0,084	0,63	378	0,157	29,5	31,3	20,5	23,5	64	65	68,0
Стелечный полувал, пластина 200×150×2,8 мм; $\rho_0 = 585 кг/м^3$; $\lambda_0 = 0,121 Вт/м \cdot град$. Режим сушки: $t_c = 60 °C$; $v = 1 м/с$; $\varphi = 60 \%$; $\bar{u}_0 = 1,34$; $\bar{u}_{кр} = 0,8$; $\bar{u}_p = 0,145$; $N = 0,12 \cdot 10^{-3} с^{-1}$; $t_m = 35 °C$; $\bar{a}_{кр} = 18,8 Вт/м^2 \cdot град$; $q_I = 473 Вт/м^2$; $j_I = 0,197 \cdot 10^{-3} кг/м^2 \cdot с$; $t_i = 1,145 \cdot 10^{-3} мин^{-1}$; $K = 0,025 мин^{-1}$ (режим сушки № 2)												
0,7	16,8	0,227	0,21	407	0,17	57	58	17	16,3	36	36,5	35,6
0,6	15,6	0,196	0,192	341	0,14	68	69	28	29,5	37	37,0	36,5
0,5	13,2	0,192	0,20	277	0,11	92	94	52	51,1	38	37,5	37,6
0,4	11,2	0,165	0,185	216	0,09	120	121	81	78,8	39	38,5	38,3
0,3	9,5	0,154	0,177	155	0,06	158	159	119	120	40	39,5	39,2
0,25	8,3	0,147	0,158	126	0,05	178	180	145	152	41	41,5	40,6
Шерстяная ткань, толщина $\delta = 0,4 \cdot 10^{-3} м$; $\rho_0 = 100 кг/м^3$; $\lambda_0 = 0,046 Вт/м \cdot град$. Режим сушки: $t_c = 90,5 °C$; $v = 5,3 м/с$; $\varphi = 6 \%$; $\bar{u}_0 = 1,1$; $\bar{u}_{кр} = 1,1$; $\bar{u}_p = 0,025$; $N = 11,2 \cdot 10^{-3} с^{-1}$; $t_m = 40 °C$; $\bar{a}_{макс} = 25,3 Вт/м^2 \cdot град$; $q_I = 1075 Вт/м^2$; $j_I = 0,45 \cdot 10^{-3} кг/м^2 \cdot с$; $t_i = 3,5 \cdot 10^{-3} мин^{-1}$; $K = 2,52 мин^{-1}$ (режим сушки № 1)												
0,8	18,4	0,238	0,031	860	0,35	0,35	0,37	—	—	40	42	43,0
0,7	16,2	0,214	0,030	770	0,33	0,50	0,52	—	—	45	44	45,8
0,6	14,8	0,190	0,029	688	0,29	0,67	0,68	—	—	47	46	46,2
0,5	13,6	0,167	0,028	602	0,26	0,83	0,84	—	—	50	48	48,7
0,4	11,8	0,142	0,027	510	0,22	1,00	1,00	—	—	51	50	49,4
0,3	8,7	0,119	0,024	413	0,18	1,27	1,30	—	—	54	54	52,6
0,2	6,8	0,096	0,021	310	0,13	1,60	1,63	—	—	56	57	55,7
0,1	5,3	0,072	0,018	184	0,08	2,43	2,37	—	—	65	62	61,5

В процессах термической обработки и тепло-массообменных процессах сушки важное значение приобретают исследования по изучению изменения коэффициента теплопроводности в зависимости от влагосодержания и температуры. Установлено, что в общем случае с повыше-

нием температуры и влагосодержания материалов коэффициент теплопроводности возрастает [1, 4, 8, 16].

Основным требованием для получения более точных значений $\lambda_{\text{вл.}}$ является кратковременность теплового воздействия на влажный мате-

риал в эксперименте [8].

В результате изучения и анализа ряда источников [8, 11, 14, 16–19] с возможной точностью установлены закономерности изменения $\lambda_{вл.} = f(\bar{t}, \bar{u})$ для исследуемых материалов. При обработке опытных данных за основу была принята формула В. И. Дубницкого [1, 8].

$$\lambda_{вл.} = \lambda_0 + A \cdot \bar{t} \cdot \bar{u} \cdot \exp(B \cdot \bar{u}) \quad , \quad (20)$$

где λ_0 – коэффициент теплопроводности сухого материала.

В результате установлены приближенные за-

Таблица 3 – Значение параметра Z по формуле (16) и сравнение длительности сушки по уравнению (15) с экспериментом в процессах сушки войлока, натуральной кожи и ткани

$\bar{u}$	Z (16)	τ , мин (15)	τ , мин экс.	Z (16)	τ , мин (15)	τ , мин экс.	Z (16)	τ , мин (15)	τ , мин экс.
Шерстяной войлок, пластина 200×150×6 мм									
	Режим сушки № 1 $\bar{u}_{np} = 1,0; K = 0,13 \text{ мин}^{-1}$			Режим сушки № 2 $\bar{u}_{np} = 0,99; K = 0,14 \text{ мин}^{-1}$			Режим сушки № 3 $\bar{u}_{np} = 0,98; K = 0,096 \text{ мин}^{-1}$		
0,6	1,35	10,0	10,5	1,20	8,2	8,2	1,17	12,3	12
0,5	1,57	12,2	12,0	1,57	11,3	11,0	1,45	15,2	15
0,4	2,23	17,2	17,0	2,00	14,5	14,0	1,84	19,4	19
0,3	2,75	21,2	20,5	2,40	17,2	17,0	2,33	24,6	24
0,2	3,39	26,1	26,0	3,00	22,4	21,5	3,15	32,8	31
0,1	4,62	35,6	35,5	4,43	31,3	29,5	3,46	36,3	34
Натуральная кожа – стелечный полува, пластина 200×150×2,8 мм									
	Режим сушки № 1 $\bar{u}_{np} = 1,04; K = 0,22 \text{ мин}^{-1}$			Режим сушки № 2 $\bar{u}_{np} = 0,995; K = 0,025 \text{ мин}^{-1}$			Режим сушки № 3 $\bar{u}_{np} = 1,03; K = 0,034 \text{ мин}^{-1}$		
0,9	1,06	55,2	53	0,72	33,0	32	0,56	18,9	18
0,7	1,73	90,5	90	1,25	57,3	57	1,05	35,5	35
0,6	2,20	114,6	112	1,49	68,4	68	1,26	42,5	42
0,5	2,62	137,0	136	2,00	91,6	92	1,60	53,6	50
0,4	3,18	165,8	165	2,68	122,7	120	1,81	61,9	60
0,3	3,85	201,0	202	3,46	158,5	158	2,42	81,6	80
0,25	4,70	245,3	243	3,92	180,5	178	2,75	92,8	92
Тонкая шерстяная ткань, толщина $\delta = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \rho_0 = 100 \text{ кг/м}^3$									
	Режим сушки № 1 $\bar{u}_{np} = 1,05; K = 2,52 \text{ мин}^{-1}$			Режим сушки № 2 $\bar{u}_{np} = 1,04; K = 1,68 \text{ мин}^{-1}$			Режим сушки № 3 $\bar{u}_{np} = 1,02; K = 1,56 \text{ мин}^{-1}$		
0,8	0,85	0,362	0,350	0,84	0,510	0,500	0,99	0,648	0,667
0,7	1,19	0,507	0,500	1,12	0,680	0,667	1,55	1,013	1,000
0,6	1,62	0,688	0,667	1,55	0,942	0,933	2,13	1,390	1,333
0,5	1,97	0,837	0,833	1,95	1,182	1,167	2,53	1,663	1,633
0,4	2,39	1,013	1,000	2,27	1,378	1,367	3,13	2,045	2,000
0,3	3,05	1,297	1,267	2,77	1,682	1,667	3,90	2,547	2,500
0,2	3,87	1,645	1,633	3,46	2,097	2,067	4,60	3,017	3,000
0,1	5,54	2,388	2,433	4,52	2,742	2,700	6,00	3,917	3,883

висимости $\lambda_{вл.} = f(\bar{t}, \bar{u})$ для войлока, кожи и тканей.

Для шерстяного войлока

$$\lambda_{вл.} = 0,053 + 2,7 \cdot 10^{-3} \cdot \bar{t} \cdot \bar{u} \cdot \exp(-2 \cdot \bar{u}) \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$$

Для натуральной кожи

$$\lambda_{вл.} = 0,121 + 1,31 \cdot 10^{-3} \cdot \bar{t} \cdot \bar{u} \cdot \exp(1,8 \cdot \bar{u}) \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$$

Влияние температуры и влажности тканей на $\lambda_{вл.} = f(\bar{t}, \bar{u})$ хорошо изучено [5, 16].

Для шерстяных тканей

$$\lambda_{вл.} = \lambda_0 + 0,0026 \cdot W,$$

для хлопчатобумажных тканей

$$\lambda_{вл.} = \lambda_0 + 0,0039 \cdot W,$$

где $\lambda_0 \approx 0,046 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$ – теплопроводность сухих тканей; W – влагосодержание ткани, %.

Влиянием температуры на изменение $\lambda_{вл.}$ в пределах до 80°C можно пренебречь [16].

Результаты расчетов кинетики сушки по полученным уравнениям для процессов сушки исследуемых материалов представлены в таблицах 2 и 3 и дано сопоставление расчетных значений с экспериментальными. Погрешность в разбросе значений параметров находится в пределах точности обработки опытных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основное уравнение кинетики сушки А. В. Лыкова совместно с методом расчета кинетики Б. С. Сажина позволяет полностью определить все основные кинетические характеристики теплообмена. Значения параметров, вычисленные по формулам, хорошо согласуются с экспериментом.

Использование полученных уравнений в инженерной практике позволит значительно сократить число трудоемких и сложных экспериментов и объем расчетной работы при обработке опытных данных, необходимых для обоснованного и правильного выбора сушильного оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лыков, А. В. (1968), *Теория сушки*, Москва, 472 с.
2. Натарева, О. С., Кокина, Н. Р., Натарева, С. В. (2015), Теплоперенос в процессе конвективной сушки влажного материала, *Известия вузов, Химия и химическая технология*, 2015, № 2, С. 65–70.
3. Рудобашта, С. П. (2015), *Теплотехника*, Москва, 672 с.
4. Акулич, П. В. (2010), *Расчеты сушильных и теплообменных установок*, Минск, 443 с.
5. Балыхин, М. Г., Разумеев, К. Э., Кошелева, М. К., Захарова, А. А. (2015), Процессы сушки и тер-

REFERENCES

1. Lykov, A. V. (1968), *Teorija sushki* [Drying theory], Moscow, 472 p.
2. Natareev, O. S., Kokina, N. R., Natareev, S. V. (2015), Heat transfer in the process convective drying of wet material [Teploperenos v processe konvektivnoj sushki vlazhnogo materiala], *Izvestija vuzov. Himija i himicheskaja tehnologija – News of institutes of higher education. Chemistry and chemical technology*, 2015, № 2, pp. 65–70.
3. Rudobashta, S. P. (2015), *Teplotekhnika* [Heat engineering], Moscow, 672 p.
4. Akulich, P. V. (2010), *Raschety sushil'nykh i teploobmennyykh ustanovok* [Calculations of drying and heat exchange units], Minsk, 443 p.

- мовлажностной обработки в текстильной и легкой промышленности, Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе, *Сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений*, Москва, 2015, С. 193–204.
6. Лыков, А. В., Куц, П. С., Ольшанский, А. И. (1972), Кинетика теплообмена в процессе сушки влажных материалов, *Инженерно-физический журнал*, 1972, Т. 23, № 3, С. 401–406.
 7. Ольшанский, А. И., Гусаров, А. М. (2017), Экспериментальное исследование кинетики сушки тонких, плоских влажных материалов методом регулярного режима с использованием обобщенных комплексных переменных, *Инженерно-физический журнал*, 2017, Т. 90, № 3, С. 700–713.
 8. Васильев, В. Н., Куцакова, В. Е., Фролов, С. В. (2013), *Технология сушки. Основы тепло- и массопереноса*, Санкт-Петербург, 224 с.
 9. Сажин, Б. С., Сажин, В. Б. (1997), *Научные основы техники сушки*, Москва, 447 с.
 10. Филоненко, Г. К., Лебедев, П. Д. (1952), *Сушильные установки*, Москва – Ленинград, 262 с.
 11. Лыков, А. В. (1938), *Кинетика и динамика процессов сушки и увлажнения*, Москва, 776 с.
 12. Кошелева, М. К., Рудобашта, С. П. (2015), Особенности процесса сушки нетканых текстильных материалов, Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе, *Сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений*, Москва, 2015, С. 205–210.
 13. Лыков, А. В., Михайлов, Ю. А. (1963), *Теория тепло- и массопереноса*, Москва – Ленинград, 536 с.
 5. Balyhin, M. G., Razumeev, K. E., Kosheleva, M. K., Zakharova, A. A. (2015), The processes of drying and hygrothermal processing in the textile and light industry [Processy suшки i termovlazhnostnoj obrabotki v tekstil'noj i ljogkoj promyshlennosti], Actual problems of drying and thermal-humidification processing of materials in various industries and agricultural complex, *Collection of scientific articles of the First International Lykov scientific readings*, Moscow, 2015, pp. 193–204.
 6. Lykov, A. V., Kuts, P. S., Olshansky, A. I. (1972), The kinetics of heat transfer during the drying process of wet materials [Kinetika teploobmena v processe suшки vlazhnykh materialov], *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal – Journal of Engineering Physics*, 1972, V. 23, № 3, pp. 401–406.
 7. Olshansky, A. I., Gusarov, A. M. (2017), Experimental study of the kinetics of drying thin, flat wet materials by regular mode method using generalized complex variables [Eksperimental'noe issledovanie kinetiki suшки tonkih, ploskih vlazhnykh materialov metodom regul'yarnogo rezhima s ispol'zovaniem obobshchennykh kompleksnykh peremennykh], *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal – Journal of Engineering Physics*, 2017, V. 90, № 3, pp. 700–713.
 8. Vasilyev, V. N., Kutsakova, V. E., Frolov, S. V. (2013), *Technologija suшки. Osnovy teplo- i massopere-nosa* [Drying technology. Basics of heat and mass transfer]. Saint-Petersburg, 224 p.
 9. Sazhin, B. S., Sazhin, V. B. (1997), *Nauchnye osnovy tehniki suшки* [Scientific basis of drying techniques], Moscow, 447 p.
 10. Filonenko, G. K., Lebedev, P. D. (1952), *Sushil'nye ustanovki* [Drying units], Moscow – Leningrad, 262 p.
 11. Lykov, A. V. (1938), *Kinetika i dinamika processov suшки i uvlazhneniya* [Kinetics and dynamics of drying and humidification processes], Moscow,

14. Кавказов, Ю. Л. (1973), *Тепло- и массообмен в технологии кожи и обуви*, Москва, 272 с. 776 p.
15. Ольшанский, А. И., Климентьев, А. Л., Петренко, В. В. (2018), Исследование кинетики конвективной сушки натуральных кож, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2018, № 1 (34), С. 49–62.
16. Колесников, П. А. (1965), *Теплозащитные свойства одежды*, Москва, 345 с.
17. Франчук, А. У. (1969), *Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов*, Москва, 143 с.
18. Григорьев, И. С. (1991), *Физические величины. Справочник*, Москва, 1232 с.
19. Блэзи, В. (2012), *Справочник проектировщика. Строительная физика*, Москва, 616 с.
12. Kosheleva, M. K., Rudobashta, S. P. (2015), The features of the drying process of nonwoven textile materials [Osobennosti processa sushki netkanyh tekstil'nyh materialov], Actual problems of drying and thermal-humidification processing of materials in various industries and agricultural complex, *Collection of scientific articles of the First International Lykov scientific readings*, Moscow, 2015, pp. 205–210.
13. Lykov, A. V., Mikhailov, Yu. A. (1963), *Teoriya teplo- i massoperenosa* [Theory of heat and mass transfer], Moscow – Leningrad, 536 p.
14. Kavkazov, Yu. L. (1973), *Teplo- i massoobmen v tehnologii kozhi i obuvi* [Heat and mass transfer in the technology of leather and shoes], Moscow, 272 p.
15. Olshansky, A. I., Klimentyev, A. L., Petrenko, V. V. (2018), Examination of kinetics of natural leathers convective drying [Issledovanie kinetiki konvektivnoj sushki natural'nyh kozh], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2018, № 1 (34), pp. 49–62.
16. Kolesnikov, P. A. (1965), *Teplozashhitnye svoystva odezhdy* [Thermal protection properties of clothing], Moscow, 345 p.
17. Franchuk, A. U. (1969), *Tablicy teplotehnicheskikh pokazatelej stroitel'nyh materialov* [Tables of heat engineering indicators of building materials], Moscow, 143 p.
18. Grigoriev, I. S. (1991), *Fizicheskie velichiny. Spravochnik* [Physical quantities. Guide], Moscow, 1232 p.
19. Blasi, W. (2012), *Spravochnik proektirovshhika. Stroitel'naya fizika* [Designer's reference guide. Building physics], Moscow, 616 p.

Статья поступила в редакцию 14. 04. 2020 г.

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**WATERPROOFNESS OF MEMBRANE TEXTILE MATERIALS UNDER CONDITIONS OF OPERATION**

УДК 677.017.8

Д.К. Панкевич*, Е.И. Ивашко*Витебский государственный технологический университет*<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13809>**D. Pankevich*, K. Ivashko***Vitebsk State Technological University***РЕФЕРАТ**

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ, КОМПОЗИЦИОННЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, МЕМБРАНА, СТРУКТУРА, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ НОСКА, ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ

Объектом исследования являются композиционные слоистые текстильные материалы (КСТМ), содержащие полиуретановую мембрану.

Предметом исследования является уровень водонепроницаемости материала, изменяющийся в процессе эксплуатации в условиях тренировочной деятельности спортсменов.

Цель работы – разработка рекомендаций по рациональному выбору водозащитных мембранных материалов различных структур в зависимости от условий эксплуатации одежды из них для обеспечения наиболее длительного периода сохранения уровня водонепроницаемости материалов верха.

В процессе работы выполнен анализ литературных источников по выявлению структурных типов КСТМ и по вопросу эффективности экспериментальной носки спортивной экипировки как способа изучения изменчивости свойств материалов в условиях эксплуатации. Приведены и проанализированы данные экспериментальных исследований водонепроницаемости материалов различных структур (тип 1, тип 3 и тип 5) в условиях эксплуатации при занятиях греблей (1,5 года наблюдений) и биатлоном (5 месяцев наблюдений).

Результат работы – рекомендовано для водозащитной одежды, обладающей стабильным уровнем водонепроницаемости, применять КСТМ

ABSTRACT

WATERPROOFNESS, COMPOSITE TEXTILE MATERIALS, MEMBRANE, STRUCTURE, EXPERIMENTAL WEAR, CHOICE OF MATERIALS

The article is devoted to the influence of operational impact on the level of waterproofness of membrane textile materials. As an object of research, waterproof sportswear made of membrane textile materials of various structures was used. During the experiment, a negative effect of mechanical influences and washes on the waterproofness of materials containing a polyurethane membrane layer was revealed. It is shown that the time to maintain a stable level of waterproofness when used as directed for products from composite textile materials containing a membrane depends on the type of material, the quantity and structure of its layers. Clothing, which is subjected to frequent washing and intensive exposure to mechanical factors during operation, should be made from materials that contain a combined two-component hydrophobic-hydrophilic membrane and a textile layer.

* E-mail: dashapan@mail.ru (D. Pankevich)

структурного типа 3, поскольку они характеризуются наиболее длительным периодом сохранения уровня водонепроницаемости материалов верха: после 200 часов носки и 3–5 стирок такие материалы сохраняют около 50 % начального уровня водонепроницаемости. КСТМ структурного типа 1 по результатам эксперимента в тех же условиях эксплуатации сохранили лишь 30 % начального уровня водонепроницаемости. Наименее устойчива к эксплуатационным воздействиям структура КСТМ типа 5, которые после 75 часов носки и 3 стирок потеряли способность сопротивляться проникновению воды.

Область применения результатов – текстильная и швейная промышленность.

В настоящее время широкое применение при изготовлении водозащитной одежды получают композиционные текстильные материалы с мембранным слоем. Такие материалы популярны благодаря уникальному сочетанию потребительских свойств. Сочетание высокого уровня паропроницаемости, ветрозащиты и водонепроницаемости таких материалов обеспечивается наличием мембранного слоя. В связи с этим мембранные текстильные материалы применяются для изготовления одежды, эксплуатирующейся в условиях сильного ветра, пониженных температур, высокой влажности, контакта с водой, снегом и льдом [1].

В качестве основы в мембранных материалах для одежды используются ткани, трикотажные и нетканые полотна. Мембранный слой, обеспечивающий потребительскую ценность этих материалов, может быть пористым (из гидрофобных полимеров), монолитным (из гидрофильных полимеров) или комбинированным [2–5]. Композиционные текстильные материалы с мембранным слоем по-разному реагируют на эксплуатационные нагрузки, при этом существенным фактором, влияющим на стабильность уровня водозащитных свойств, является макроструктура материалов: толщина и количество слоев, их тип [6].

Общеизвестным является тот факт, что композиционные слоистые текстильные материалы, содержащие мембранный слой (КСТМ), обладают высоким исходным уровнем водонепроница-

емости, но данные о том, как долго сохраняется этот уровень под влиянием эксплуатационных воздействий и какие структурные типы КСТМ характеризуются наибольшим ресурсом водозащитных свойств, в научной литературе обсуждаются редко.

Целью данной работы является выявление типа структуры КСТМ, обеспечивающей наиболее стабильный уровень водонепроницаемости в процессе эксплуатации одежды из них.

Одним из способов исследования изменения свойств материалов для одежды в процессе эксплуатации является экспериментальная носка. При проведении экспериментальной носки бытовой одежды комплекс воздействующих на материалы верха факторов износа индивидуален для каждого конкретного носчика по длительности и интенсивности воздействия, вкладу отдельных факторов. А вот изучение процессов, происходящих в материалах верха при эксплуатации спортивной экипировки, может дать достаточно точные результаты, поскольку заранее обеспечено необходимой для исследования и рационального применения организационной базой:

– подтвержденная методическими и научными разработками спортивной педагогики возможность классификации и определения меры воздействия основных факторов износа вследствие однотипности выполняемых движений спортсмена и относительной неизменности тренировочной среды при исследовании экипиров-

ки для конкретного вида спорта;

- закреплённая в нормативных документах, касающихся спортивной подготовки, возможность получения статистически значимых результатов благодаря регулярности, цикличности, массовости, территориальной локализации и организованности спортивных занятий;

- возможность планирования эксперимента практически любой длительности за счёт известного календарного графика тренировок и регулярного пополнения участниками, выполняющими те же действия и обладающими практически теми же характеристиками, что и выбывшие из эксперимента (пол, возраст, телосложение);

- наличие межрегиональных связей между спортивными школами и регулярный характер спортивных состязаний, развитая сеть спортивных организаций, подчинённых единому центру [7, 8].

Поэтому для изучения стабильности уровня водонепроницаемости мембранных текстильных материалов в процессе эксплуатации экс-

периментальные носки были организованы на базе Витебской областной ДЮСШ профсоюзов по гребле на байдарках и каноэ «Альбатрос» и на базе спортивной секции по биатлону Гимназии № 9 г. Витебска. Исследованию подвергалась спортивная экипировка гребца и биатлониста.

Опытная партия экипировки гребца (байдарочника и каноиста), состоящая из 10 курток спортивных, 10 жилетов спортивных, 15 фартуков на байдарку, 20 пар рукавиц водозащитных и 10 жилетов страховочных была изготовлена на ЗАО ОПТФ «Світанак» (г. Орша) и в лаборатории кафедры «Конструирование и технология одежды» УО «ВГТУ» (г. Витебск) в рамках хозяйственных договоров. Фотография байдарочника в экипировке опытной партии представлена на рисунке 1.

Образцы экипировки поступили на гребную базу Витебской областной ДЮСШ профсоюзов по гребле на байдарках и каноэ «Альбатрос» в г. Витебске в феврале 2014 года. В проведении носки принимала участие группа из 10 спортсменов в возрасте 15–17 лет. В группе носчиков



Рисунок 1 – Спортсмены-байдарочники в водозащитной экипировке

были задействованы 5 байдарочников и 5 каноистов. Экипировка использовалась в течение 1,5 лет тренировок на открытой воде в диапазоне температур от $+8^{\circ}\text{C}$ до -1°C [1, 2].

Опытная партия экипировки биатлониста, состоящая из 3 курток спортивных, 3 брюк спортивных, 1 комбинезона, была изготовлена в лаборатории кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви» УО «ВГТУ» (г. Витебск) в рамках студенческого гранта № 117 и поступила на лыжную базу УО «Гимназия № 9 г. Витебска» в октябре 2019 года. В группе носчиков были задействованы 4 биатлониста в возрасте 10–14 лет. Экипировка использовалась в течение 5 месяцев тренировок в режиме катания по стадиону и лыжной трассе на лыжах или лыжероллерах (в отсутствии снега) в диапазоне температур от $+10^{\circ}\text{C}$ до -4°C . Фотография биатлонистов в экипировке опытной партии представлена на рисунке 2.

Для изготовления спортивной экипировки использовались 3 артикула 2-слойных КСТМ, 3 артикула 2,5-слойных и 4 артикула 3-слойных КСТМ, характеристика которых представлена в таблице 1.

Использованы следующие обозначения типов мембранных текстильных материалов в зависимости от способа получения:

- тип 1 – нанесение вспененного полимера на основу с последующей сушкой и охлаждением. Происходит образование 2-слойного КСТМ, текстильный слой которого в значительной степени погружен в мембранный губчатый пористый слой толщиной более 50 **мкм**;

- тип 3 – соединение посредством температуры и давления текстильной основы и двухкомпонентной (тонкой монолитной гидрофильной и губчатой пористой гидрофобной) слоистой мембраны толщиной более 35 **мкм**. Образуется 2,5-слойный КСТМ, текстильный слой которого в малой степени погружен в мембранный двухкомпонентный слой;

- тип 5 – соединение трех слоев: основы, готовой мембраны толщиной не более 15 **мкм** и подкладки посредством температуры и давления либо точечного приклеивания с образованием 3-слойного КСТМ, текстильные слои которого в малой степени погружены в мембранный слой [9].



Рисунок 2 – Спортсмены-биатлонисты в экипировке

Таблица 1 – Характеристика материалов спортивной экипировки

Количество слоев / тип	Номер образца	Сырьевой состав: основа / мембрана / подкладка	Толщина, <i>мм</i>	Паропроницаемость, (<i>г/м²</i>)/ 24 часа	Водонепроницаемость (давление воды), <i>МПа</i>
2 / 1	1	ткань ПЭ / микропористая гидрофобная мембрана ПУ толщиной 50–70 <i>мм</i>	259,8	4508	0,07
	2		220,3	5670	0,1
	3		238,8	4206	0,11
2,5 / 3	4	ткань ПЭ / двухкомпонентная гидрофобно-гидрофильная мембрана ПУ толщиной 35–50 <i>мм</i>	218,5	3492	0,08
	5		262,9	3162	0,12
	6		250,6	3558	0,14
3 / 5	7	трикотаж ПЭ / гидрофильная мембрана ПУ толщиной 10 <i>мм</i> / трикотаж ПЭ	358,8	2804	0,09
	8	ткань ПЭ / микропористая гидрофобная мембрана ПУ толщиной 10 <i>мм</i> / трикотаж ПЭ	308,4	3558	0,12
	9	ткань ПЭ / гидрофильная мембрана ПУ толщиной 10–12 <i>мм</i> / флис ПЭ	805,2	7560	0,06
	10		752,6	6884	0,07

Полная классификация структурных типов мембранных текстильных материалов представлена в источнике [9]. В исследовании не принимали участие образцы материалов структурных типов 2 и 4, поскольку такие структурные типы характерны для материалов, предназначенных для специальной защитной одежды, и обладают повышенной жесткостью и значительной массой, что препятствует их широкому применению для изготовления спортивной одежды.

При определении водонепроницаемости методом, описанным в источнике [10], использовался прибор, разработанный на кафедре «Товароведение и техническое регулирование» УО «ВГТУ» [11]. Паропроницаемость определялась по методу, изложенному в [12], а тип структуры и толщина композиционных текстильных материалов с мембранным слоем были определены по микрофотографии поперечного среза КСТМ с использованием методики, подробно описанной в источнике [13].

Максимальный фактический срок носки изделий составил 200 часов для экипировки гребца и 75 часов для экипировки биатлониста.

В процессе эксплуатации предметы экипировки гребца, выполненные из материалов под

номерами 1–6 и 8, подвергаются действию воды, ветра, атмосферных осадков, изгиба, растяжения, сжатия, кручения, трения.

В процессе исследования были установлены сроки носки в часах для каждого предмета экипировки, соответствующие периодичности измерений водонепроницаемости, и максимальный фактический срок носки для каждого вида КСТМ, участвующего в эксперименте. Период времени, соответствующий максимальному сроку носки, был разбит на интервалы, содержащие приблизительно одинаковое количество фактических измерений водонепроницаемости на разных изделиях.

Было рассчитано среднее значение водонепроницаемости каждого вида КСТМ в каждом интервале срока носки, пересчитанное впоследствии в показатель относительной водонепроницаемости исходя из известного начального уровня водонепроницаемости образцов, представленного в таблице 1 и измеренного на участках готовых изделий, не содержащих швов. Критерием сохраняемости водозащитных свойств выбран показатель относительной водонепроницаемости не ниже 0,65.

Результаты исследования водонепроницае-

мости экипировки гребца в процессе экспериментальной носки представлены в таблице 2.

Периодический органолептический осмотр экипировки выявил неизменность внешнего вида 2-слойных, 2,5-слойных КСТМ и 3-слойных КСТМ на трикотажной основе. Ухудшение внешнего вида 3-слойных материалов, проявляющееся в короблении лицевой поверхности, грубости и зернистости туше было отмечено только для КСТМ на тканой основе (образцы № 8 и № 9).

Анализ динамики изменения водонепроницаемости в процессе носки показал, что водонепроницаемость 2-слойных материалов снижается в начальный период не так интенсивно, как 2,5-слойных. Однако к концу времени носки, когда изделия подверглись нескольким стиркам, относительная водонепроницаемость 2-слойных материалов стала снижаться интенсивнее.

Исследование изменения водонепроницаемости 2,5-слойных материалов, содержащих комбинированную двухкомпонентную гидрофобно-гидрофильную мембрану (структурный тип 3), показало, что в процессе эксплуатации их водонепроницаемость снижается более равномерно, нежели у материалов 2-слойной структуры. Вероятно, это связано с тем, что стирка оказывает существенное влияние на водонепроницаемость 2-слойных материалов.

Хуже всего показали себя трехслойные образцы, особенно образец № 8, уровень водонепроницаемости которого снизился до нуля менее чем за 100 часов носки. Уже в первые 40 часов образец утратил треть начального уровня водонепроницаемости. Наблюдение согласуется с результатами лабораторного моделирования эксплуатационных нагрузок – КСТМ трехслой-

ной структуры обладают наименее стабильным уровнем показателя водонепроницаемости [6].

Сохранение водозащитных свойств на уровне относительной водонепроницаемости свыше 0,65 обеспечивается материалами № 6 и № 8 в течение 40 часов, образцами № 1, № 2, № 3, № 4, № 5 – в течение 80 часов активной эксплуатации. Лидером по сохранению уровня водонепроницаемости в начальный период исследования был образец № 1 – 120 часов активной носки он выдержал с показателем относительной водонепроницаемости 0,68. Однако к концу испытания выяснилось, что образцы № 4, № 5 и № 6 характеризуются наименьшим падением уровня водонепроницаемости в течение 200 часов эксплуатации. Кроме того, эти образцы обладают более высоким начальным уровнем водонепроницаемости.

В процессе эксплуатации предметы экипировки биатлониста, выполненные из 3-слойных материалов под номерами 7, 9, 10, подвергаются действию ветра, иногда атмосферных осадков в виде снега, воздействию изгиба, растяжения, сжатия, кручения, трения. Одним из наиболее разрушительных воздействий при эксплуатации спортивной экипировки биатлониста является удар с трением, возникающий при падении спортсмена, передвигающегося на высокой скорости по лыжной или лыжероллерной трассе. В таких случаях материалы одежды (особенно брюк в области коленей и ягодиц, куртки в области локтя и по низу) испытывают резкое растяжение и очень интенсивное трение. Преимущества использования мембранных текстильных материалов в качестве материалов верха экипировки для таких эксплуатационных условий по-

Таблица 2 – Сводная таблица результатов экспериментальной носки экипировки гребца

Интервал времени носки (количество стирок)	Средняя относительная водонепроницаемость по образцам						
	1	2	3	4	5	6	8
0...40 часов	1	0,9	1	1	1	1	0,7
41...80 часов (1–2 стирки)	0,87	0,71	0,85	0,68	0,69	0,64	0,3
81...120 часов	0,68	0,38	0,62	0,62	0,63	0,59	0,0
121...160 часов	0,51	0,3	0,54	0,56	0,54	0,53	–
161...200 часов (3–5 стирок)	0,36	0,22	0,32	0,54	0,48	0,46	–

казаны в источниках [14–17]. Результаты исследования экипировки биатлониста представлены в таблице 3.

Анализ данных таблиц 2 и 3 показывает, что в исследуемой группе образцов именно образцы трехслойной структуры имеют самый низкий уровень стабильности показателя водонепроницаемости после эксплуатации. Время носки экипировки из трехслойных материалов в 2,5 раза меньше, поскольку уже после 51 часа носки и 3 стирок они перестают выполнять водозащитную функцию, теряя свою изначально высокую водонепроницаемость. Только образец № 7 выдержал 25 часов интенсивной носки с показателем относительной водонепроницаемости не ниже 0,65.

Если в таблице 1 обратить внимание на толщину мембранного слоя исследуемых образцов, можно заметить, что материалы с тонким мембранным слоем разрушаются значительно быстрее – толщина мембранного слоя в 2-слойных

и 2,5-слойных материалах в 3–7 раз больше, чем в 3-слойных. Предположительно, трехслойная структура является нестабильной вследствие наименьшей толщины мембраны.

Таким образом, по данным экспериментальных исследований установлено, что уровень водонепроницаемости 3-слойных КСТМ типа 5 нестабилен в процессе носки, 2-слойные КСТМ структурного типа 1 обладают средней стабильностью уровня водонепроницаемости в эксплуатации: после 200 часов экспериментальной носки они сохранили около 30 % начальной водонепроницаемости. Наиболее длительным ресурсом водонепроницаемости материалов верха обладают 2,5-слойные КСТМ структурного типа 3. Такие материалы содержат комбинированную двухкомпонентную гидрофобно-гидрофильную мембрану и текстильный слой. После 200 часов экспериментальной носки они сохраняют в среднем половину начального уровня водонепроницаемости.

Таблица 3 – Сводная таблица результатов экспериментальной носки экипировки биатлониста

Интервал времени носки (количество стирок)	Средняя относительная водонепроницаемость по образцам		
	7	9	10
0...25 часов (1стирка)	0,65	0,58	0,61
26...50 часов (2 стирки)	0,32	0,21	0,35
51...75 часов (3 стирки)	0,01	0,0	0,0

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. William, C. Smith (2010), *Smart Textile Coatings and Laminates*, Elsevier: Wood head Publishing Ltd, 2010, 320 p.
2. Lomax, G. R. (2007), Breathable polyurethane membranes for textile and related industries, *Journal of Materials Chemistry*, 2007, Issue 27, pp. 2775–2784.
3. Fan, J., Hunter, L. (2009), *Engineering apparel fabrics and garments*, Woodhead Publishing Limited, 2009, 391 p.

REFERENCES

1. William, C. Smith (2010), *Smart Textile Coatings and Laminates*, Elsevier: Wood head Publishing Ltd, 2010, 320 p.
2. Lomax, G. R. (2007), Breathable polyurethane membranes for textile and related industries, *Journal of Materials Chemistry*, 2007, Issue 27, pp. 2775–2784.
3. Fan, J., Hunter, L. (2009), *Engineering apparel fabrics and garments*, Woodhead Publishing Limited, 2009, 391 p.

4. Абдуллин, И. Ш., Ибрагимов, Р. Г., Зайцева, О. В., Парошин, В. В. (2013), Современные методы изготовления композиционных мембран, *Вестник казанского технологического университета*, 2013, №9, С 24–34.
5. Барнягина, О. В., Мухаматдинова, Р. Э., Пухачева, Э. Н., Матвеева, В. Ю. (2017), Селективно-проницаемые мембраны с высоким уровнем паропроницаемости и защитных свойств, *Вестник технологического университета*, 2017, № 21, С 28–31.
6. Буркин, А. Н., Махонь, А. Н., Панкевич, Д. К. (2019) *Эксплуатационные свойства текстильных материалов*, Витебск, УО «ВГТУ», 2019, 218 с.
7. Панкевич, Д. К. (2018), Методика экспериментальной носки спортивной водозащитной экипировки, *Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии : сборник научных трудов*, Ч. 1, Москва, РГУ им. А. Н. Косыгина, 2018, С. 95–100.
8. Овсянникова, Н. В. (1985), Опытная носка – метод комплексной оценки качества материалов, *Комплексная оценка качества материалов и пакетов швейных изделий: сборник научных трудов*, Москва, ЦНИИТЭИлегпром, 1985, С. 26.
9. Буркин, А. Н., Панкевич, Д. К. (2020), *Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов*, Витебск, УО «ВГТУ», 2020, 190 с.
10. ГОСТ 413-91 (ИСО 1420-87). *Ткани с резиновым или пластмассовым покрытием. Определение водонепроницаемости*, введ. 01.07.92, (2002), Москва, ИПК Издательство стандартов, 6 с.
11. Панкевич, Д. К., Буркин, А. Н., Петрова, Р. С., Борозна, В. Д. (2015), *Прибор для определения водонепроницаемости материалов методом гидростатического давления*, патент РБ № 10690, МПК G01N15/08, заявлено 2015.01.05; опубликовано 30.06.2015, Бюл. № 3.
4. Abdullin, I. Sh., Ibragimov, R. G., Zaitseva, O. V., Paroshin, V. V. (2013), Modern methods of manufacturing composite membranes [Sovremennye metody izgotovleniya kompozitsionnyh membran], *Vestnik Kazanskogo Tehnologicheskogo Universiteta – Vestnik of Kazan Technological University*, 2013, No. 9, pp. 24–34.
5. Barnjagina, O. V., Muhamatdinova, R. Je., Puhacheva, Je. N., Matveeva, V. Ju. (2017), Selectively permeable membranes with a high level of vapor permeability and protective properties [Selektivno-pronicaemye membrany s vysokim urovnem paropronicaemosti i zashhitnyh svojstv], *Vestnik tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of University of Technology*, 2017, № 21, pp. 28–31.
6. Burkin, A. N., Mahon, A. N., Pankevich, D. K. (2019), *Jekspluatacionnye svojstva tekstil'nyh materialov* [Operational properties of textile materials], Vitebsk, EI «VSTU», 2019, 218 p.
7. Pankevich, D. K. (2018), Methods of experimental wear of sports waterproof equipment [Metodika jeksperimental'noj noski sportivnoj vodozashhitnoj jekipirovki], *Tehnologii, dizajn, nauka, obrazovanie v kontekste inkljuzii : sbornik nauchnyh trudov – Technologies, design, science, education in the context of inclusion: a collection of scientific papers*, Part 1, Moscow, Russian State University named after A. N. Kosygina, 2018, pp. 95–100.
8. Ovsjannikova, N. V. (1985), Experimental sock - a method for a comprehensive assessment of the quality of materials [Opytnaja noska – metod kompleksnoj ocenki kachestva materialov], *Kompleksnaja ocenka kachestva materialov i paketov shvejnyh izdelij: sbornik nauchnyh trudov – A comprehensive assessment of the quality of materials and packages of garments: a collection of scientific papers*, Moscow, TSNIITEIlegprom, 1985, p. 26.
9. Burkin, A. N., Pankevich, D. K. (2020), *Gigienicheskie svojstva membrannyh tekstil'nyh materialov*

12. ГОСТ Р 57514-2017. *Ткани с резиновым или полимерным покрытием для водонепроницаемой одежды. Технические условия*, введ. 01.04.18, (2017), Москва, ФГУП «Стандартинформ», 24 с.
13. Скляnnиков, В. П. (1984), *Строение и качество тканей*, Москва, 1984, 176 с.
14. Williams, J. T. (2009), *Textiles for cold weather apparel*, Elsevier, Wood head Publishing Ltd, 2009, 432 p.
15. Holmes, D. A. (2000), *Waterproof breathable fabrics*, England, Cambrige, The Textile Institute, 2000, 576 p.
16. Стельмашенко, В. И., Розаренова, Т. В. (2010), *Материалы для одежды и конфекционирование: учеб. для ВУЗов*, Москва, Издательский центр «Академия», 2010, 320 с.
17. Optimal moisture management for outdoor activities in all seasons with changing load intervals (2016), режим доступа: <http://www.sympatex.com/en/technologies/513/moisture-tech-apparel> (дата доступа 08 декабря 2016).
- [Hygienic properties of membrane textile materials], Vitebsk, EI «VSTU», 2020, 190 p.
10. GOST 413-91 (ISO 1420-87). *Fabrics with rubber or plastic coating. Determination of Waterproofness*, Int. 01.07.92, (2002), Moscow, Publishing house of standards, 6 p.
11. Pankevich, D. K., Burkin, A. N., Petrova, R. S., Borozna, V. D. (2015), *Pribor dlja opredelenija vodonepronicamosti materialov metodom gidrostaticheskogo davlenija* [A device for determining the water resistance of materials by hydrostatic pressure], patent of the Republic of Belarus № 10690, MPC G01N15 / 08, declared 05.01.2015; published 06.30.2015, Bull. № 3.
12. GOST R 57514-2017. *Fabrics with rubber or polymer coating for waterproof clothing. Specifications*, Int. 01.04.18, (2017), Moscow, Standartinform Federal State Unitary Enterprise, 24 p.
13. Sklyannikov, V. P. (1984), *Stroenie i kachestvo tkanej* [Structure and quality of fabrics], Moscow, 1984, 176 p.
14. Williams, J. T. (2009), *Textiles for cold weather apparel*, Elsevier, Wood head Publishing Ltd, 2009, 432 p.
15. Holmes, D. A. (2000), *Waterproof breathable fabrics*, England, Cambrige, The Textile Institute, 2000, 576 p.
16. Stelmashenko, V. I., Rozarenova, T. V. (2010), *Materialy dlja odezhdy i konfeksionirovanie: ucheb. dlja VUZov* [Materials for clothing and confectionery: textbook for universities], Moscow, Publishing Center «Academy», 2010, 320 p.
17. Optimal moisture management for outdoor activities in all seasons with changing load intervals (2016), available at: <http://www.sympatex.com/en/technologies/513/moisture-tech-apparel> (accessed December 08, 2016).

Статья поступила в редакцию 30. 03. 2020 г.

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПОЛИУРЕТАНОВ

MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR MANUFACTURING OF PRODUCTS BASED ON POLYURETHANE WASTE

УДК 685.34.082

**А.Н. Радюк^{1*}, Ю.В. Дойлин², М.А. Козлова¹,
И.А. Буланчиков¹, А.Н. Буркин¹**

¹ Витебский государственный технологический университет

² ОАО «Витебскдрев»

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13810>

**A. Radyuk^{1*}, Yu. Doylin², M. Kozlova¹,
I. Bulanchikov¹, A. Burkin¹**

¹ Vitebsk State Technological University

² JSC «Vitebskdrev»

РЕФЕРАТ

ТЕХНОЛОГИЯ, СОСТАВЫ, ОТХОДЫ, ПЕНОПОЛИУРЕТАН, ИНГРЕДИЕНТЫ, МАТЕРИАЛЫ, СВОЙСТВА

Объектом исследования являются различные полимерные материалы на основе отходов пенополиуретанов с добавлением в их состав различных ингредиентов.

Предмет исследования – рецептурно-технологические аспекты получения материалов и деталей из отходов полиуретанов.

В статье приведены технологии переработки отходов пенополиуретанов, представлены различные рецептурные составы для получения материалов различного назначения, разработанные научными сотрудниками УО «ВГТУ», охарактеризованы последние направления работ в данном направлении авторами статьи.

Результаты работы – разработаны составы и материалы на основе отходов пенополиуретанов и различных целевых добавок.

Область применения результатов – обувная промышленность.

Научная новизна работы заключается в разработке новых материалов с использованием отходов ППУ с достаточным уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств для производства подошв обуви.

Практическая ценность работы состоит в получении материалов с определенным комплексом свойств, соответствующим требованиям ТНПА и находящимися в рамках традиционно используемых материалов для низа обуви.

ABSTRACT

TECHNOLOGY, COMPOSITIONS, WASTE, POLYURETHANE FOAM, INGREDIENTS, MATERIALS, PROPERTIES

The article presents technologies for recycling polyurethane foam waste. Various prescription formulations for obtaining materials for various purposes are presented. The latest directions of work in this direction are described.

The scientific novelty of the work is presented by the development of new materials using PPU waste with a sufficient level of physical, mechanical and operational properties for the production of shoe soles.

The practical value of the work consists of obtaining materials with a certain set of properties that meet the requirements of regulatory documents and are within the framework of traditionally used materials for the shoe bottom.

* E-mail: ana.r.13@mail.ru (A. Radyuk)

В настоящее время одной из важнейших задач в области охраны окружающей среды (ОС) является совершенствование системы управления отходами. В связи с этим важнейшей задачей любого государства в области управления системой обращения с отходами является создание механизмов, направленных на экологическую безопасность, экономное использование сырья, материалов, энергии и других ресурсов, а также на создание и внедрение малоотходных и безотходных технологий. Управление системой обращения с отходами осуществляется с использованием различных механизмов, первоочередным из которых является нормативно-правовой. Данный механизм реализован в Национальной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года [1], определяющей своей целью установление основных направлений минимизации вредного воздействия отходов на здоровье человека, ОС и рациональное использование природных ресурсов путем предотвращения образования отходов и максимально возможного извлечения компонентов, содержащихся в отходах, а также вовлечение их в хозяйственный оборот.

Ежегодно в республике образуется свыше 1500 наименований отходов с широким спектром морфологических и химических свойств. По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [2] в 2018 г. на предприятиях Витебской области образовалось 770 *тыс. тонн* отходов, из которых использовано или передано на объекты по использованию отходов 629 *тыс. тонн* или 81,7 процента. В республиканском реестре объектов по использованию отходов зарегистрировано более 100 предприятий области. Использование отходов 1–3 классов опасности и обезвреживание отходов относятся к лицензируемым видам деятельности. В реестре лицензий, выданных Министерством природных ресурсов и охраны ОС Республики Беларусь на данную деятельность, по Витебской области зарегистрировано 20 организаций.

Ключевая роль в обеспечении развития экономики Витебской области принадлежит промышленности, в частности легкой, кожевенно-

обувной, текстильной, трикотажной и швейной. Из года в год на предприятиях концерна «Беллегпром» образуется в среднем 20–23 *тыс. тонн* производственных отходов. Наибольший удельный вес среди них имеют отходы кожевенно-обувной промышленности – около 70 %, а наибольшую проблему среди них представляют отходы пенополиуретанов (ППУ) в связи с выделением отходов вредных соединений для окружающей среды и человека.

В связи с вышесказанным целью данной работы является получение материалов и подошв на основе отходов ППУ, не уступающих по своим свойствам материалам, используемым в производстве обуви.

Научная новизна работы заключается в разработке новых материалов с использованием отходов ППУ с достаточным уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств для производства подошв обуви.

Проблема переработки отходов ППУ решалась многократно различными путями и в настоящее время существует несколько разработанных технологий и методов рециклинга. Все эти методы имеют свои особенности, те или иные недостатки, определяемые различными факторами. Переработка отходов обувных ППУ основана на термомеханических способах переработки [3, 4]. На сегодняшний день разработаны способы переработки отходов, технологии, оборудование для этих целей, композиции для получения различных деталей.

Для переработки отходов обувных полиуретанов (ПУ) научными сотрудниками учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» (УО «ВГТУ») разработан способ переработки отходов ППУ с использованием волокнистого наполнителя и совместный способ переработки отходов жестких и интегральных ПУ [5, 6], сравнительный анализ которых представлен в таблице 1.

Технопарком УО «ВГТУ» разработана технология получения вторичных композиционных материалов и технология изготовления низа обуви из отходов обувного производства [7], сравнительный анализ которых представлен в таблице 2.

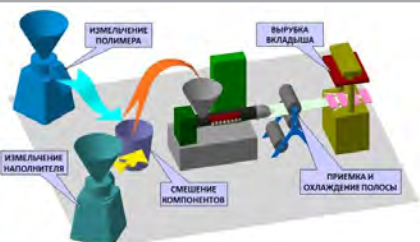
Помимо технологии изготовления низа обуви из отходов обувного производства разработаны

Таблица 1 – Сравнительный анализ способов переработки полиуретанов

Способ переработки отходов ППУ [5]		Способ переработки отходов жестких ПУ [6]
технология	подготовка отходов → измельчение → смешивание с волокнистым наполнителем → предварительное формование → вальцевание → термомеханическая переработка экструдированием на шнековом прессе	подготовка отходов → измельчение → термомеханическая обработка совместно с гомогенизацией и грануляцией → переработка на термопластавтоматах
состав	– отходы ППУ; – волокнистый наполнитель в количестве 10–20 % ¹	– отходы жестких ПУ (наполнитель); – отходы интегральных обувных ПУ в количестве 5–50 % ²
показатели	плотность (ρ) – 1,16 г/см ³ , предел прочности при разрыве (f_p) – 5,5 МПа, твердость (H) – 75 усл. ед., сопротивление истиранию (β) – 2,5 Дж/мм ³ , сопротивление многократному изгибу (N) – 25 тыс. циклов (*)	не приводятся
вывод	Позволяет значительно упростить процесс переработки отходов ППУ, сведя его практически к прямому экструдированию	Улучшает экологическую составляющую производства, позволяет осуществить цикл безотходного производства

Примечание: ¹ – % содержание наполнителя определялось экспериментальным путем исходя из степени формуемости композиции при прокатке; ² – диапазон процентного содержания композиции объясняется тем, что введение незначительного количества интегральных ПУ позволяет снизить температуру переработки, при содержании их менее 5 % получение термопластичных материалов проблематично из-за плохой формуемости композиции, добавление интегральных ПУ в количестве более 50 % уже никаким образом не влияет на температуру переработки; * – для примера приведена композиция с содержанием разволокненных отходов стелечного картона в смеси 10 %.

Таблица 2 – Сравнительный анализ технологий получения материалов из отходов

Технология получения вторичных композиционных материалов		Технология изготовления низа обуви из отходов обувного производства
ИС	отходы ПУ, ПВХ, отходы ИК и СК, нетканых материалов	отходы низа обуви, отходы НК и ИК, картона, тканых и нетканых материалов
схема		
особенности	измельченные отходы подвергаются переработке на шнековом экструдере, в результате чего получают полосу, которую в дальнейшем прессуют для получения различных пластин	предварительно измельченные отходы подвергаются совместной переработке на шнековом экструдере, в результате чего получают полосу определенного сечения, которую в дальнейшем рубят на мерные изделия
ВМ	набоечный листовый полиуретан, профилированная листовая и формованная	вкладыш

Примечание: ИС – исходное сырье; ВМ – выходной материал; ИК – искусственная кожа; СК – синтетическая кожа; НК – натуральная кожа.

и составы для получения вкладышей, сравнительный анализ которых представлен в таблице 3.

Использование вкладыша позволяет:

- улучшить условия литья в каблучной части низа обуви;
- снизить стоимость изготовления низа обуви в связи с экономией материала подошвы до 20 %;
- снизить стоимость литья подошвы до 15 %;
- частично решить проблему утилизации отходов обувного производства и загрязнения окружающей среды.

Для осуществления указанных технологий традиционно применение вальцово-каландрового, смесительного и шнекового оборудования, которое с одинаковым успехом применяется как для подготовки композиций, так и для окончательного получения продукции. При этом для обеспечения непрерывного питания материалом удобнее использовать шнековые экструдеры [10], преимущество которых обуславливает широкое применение в перерабатывающей промышленности. Вместе с этим практически все вышеописанные технологические процессы переработки отходов могут осуществляться посредством переработки полимерной композиции в шнековом экструдере.

Научные сотрудники Витебского государственного технологического университета более 25 лет занимаются разработкой и изготовлением шнековых экструдеров для получения широкого ассортимента изделий из различных материалов. Для обувной промышленности разработаны различные экструдеры для переработки полимерных отходов [11, 12] и отдельно для переработки отходов полиуретанов [13, 14], а также экструдеры для переработки различных кожевенных отходов [15–17]. Также разработана установка для гранулирования отходов тафтинговых покрытий, которые создают большую проблему для ОАО «Витебские ковры» [18].

Помимо разработанных составов для получения вкладыша, также разработаны составы для композиций с получением деталей различного назначения, сравнительный анализ которых представлен в таблице 4 и композиционный материал для изготовления различных деталей обуви.

Основным компонентом разработанного композиционного материала для изготовления деталей обуви [23] являлись отходы искусственной кожи с полимерным покрытием. Технология получения такого материала состояла из следующих этапов: сортировка отходов → измельчение отходов на дробилке роторно-ножевого типа →

Таблица 3 – Сравнительный анализ вкладышей для низа обуви

Низ обуви [8]		Вкладыш для низа обуви [9]
состав	– связующее – отходы низа обуви (отходы ПУ) – 40–90 %; – наполнитель – отходы кожи, картона, тканых и нетканых материалов, резиновой крошки – 10–60 %	– отходы ИК не менее 60 %; – отходы обувного производства (НК, текстильные материалы, картон) – остальное
показатели	$\rho - 0,65-0,68 \text{ г/см}^3$; $f_p - 4,5-4,6 \text{ МПа}$; относительное удлинение (ϵ_p) – 185–210 %; остаточное удлинение (Θ) – 7–10 %; сопротивление раздиру (P_p) – 5,8–6,0 кН/м; $N - 27-32 \text{ килоциклов}$	$f_p - 4,6-8,5 \text{ МПа}$; $\epsilon_p - 72-112 \%$
характеристики	Введение в состав материала вкладыша иных видов отходов (отходы кожи, картона, нетканого материала и другие) позволяет получать высокоразветвленную поверхность, повышает пористость и тем самым снижает вес изделия	Ограничение в 40 мас. % отходов ИК связано с тем, что введение большего количества отходов не позволяет получить вкладыш, сохраняющий свою форму, а также со снижением прочностных характеристик

Таблица 4 – Сравнительный анализ композиций для деталей обуви

	Композиции для деталей обуви			
	внутренних [19]	низа [20]	подошв [21]	промежуточных [22]
состав	– резиновая смесь на основе каучука; – наполнитель – отходы стелечного картона в количестве 5–60 мас. %	– отходы ППУ; – наполнитель – отходы стелечного картона 3–30 мас. %	– термоэластопласт 75–90; – отходы ПУ 5–20 пластификатор 3–5 пигмент 1–4 мас. %	– полимерное связующее – отходы аппретирующего состава коврового производства 15–35 мас. %; – волокнистый наполнитель – измельченные отходы натурального меха 65–85
показатели	ρ – 0,49–0,88 г/см ³ ; f_p – 0,8–4,8 МПа; ϵ_p – 60–330 %; Θ – 8–80 %; H – 53–75 усл. ед	ρ – 1,14–1,17 г/см ³ ; f_p – 4,0–8,5 МПа; ϵ_p – 150–380 %; Θ – 15–28 %; H – 72–90 усл. ед.; β – 2,1–4,3 Дж/мм ³ ; N – 8–>15 тыс. цикл	ρ – 0,65–0,9 г/см ³ ; f_p – 1,8–3,4 МПа; ϵ_p – 220–340 %; Θ – 20–30 %; H – 45–70 усл. ед	толщина (S) – 4±1 мм; H – 8–35 усл. ед.; коэффициент теплопроводности – 0,01–0,06 ккал/м час °С
технология	Технология получения не имеет принципиального значения		Дробление твердых компонентов → смешивание → литье на шнековой литьевой машине	Измельчение отходов меха до частиц размером не более 3×3 мм → смешивание с полимерным связующим → прессование → сушка
	Введение предварительно разволокненных отходов картона осуществляется в процессе изготовления резиновой смеси	Технология должна обеспечить качественную гомогенизацию смесей, обычно происходящую на шнековом экструдере		

пластикация в корпусе шнекового экструдера → прокатка в пластины толщиной 4 мм. Свойства полученных материалов в зависимости от основы (ИК с ПВХ покрытием на трикотажной или на тканой основах) варьируются: ρ – 1,16–1,24 г/см³; f_p – 8,53–10,64 МПа; ϵ_p – 55–112 %; Θ – 9,7–15,2 %; H – 80–88 усл. ед.; β – 2,1–4,3 Дж/мм³; клеящая способность – 29–44 Н/см. Полученные материалы могут быть использованы в качестве внутренних деталей обуви (вкладные стельки, задники, подноски, вкладыши) и материалов для низа обуви (подошвы, каблуки, набойки) и по большинству показателей практически не уступают материалам, применяемым для изготовления аналогичных деталей обуви.

Научными сотрудниками УО «ВГТУ» также разработаны различные материалы и детали на основе отходов ППУ. Среди них набоечные ма-

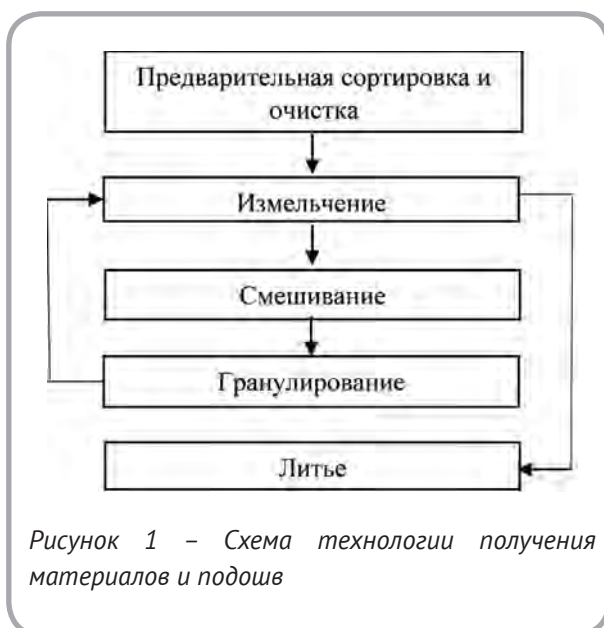
териалы (пластины) и изделия типа «профилактика», набойки, формованные детали низа обуви, подошвы и подошвенные материалы из пластин, стелечные материалы. Основным компонентом разработанных материалов являлись отходы производства микроячеистых пено- и полиуретановых подошв [3]. Полученные материалы по большинству показателей соответствуют нормируемым значениям для аналогичных материалов.

В настоящее время авторами статьи ведутся работы по получению материалов определенной структуры и заданными характеристиками.

Для получения материалов определенной структуры предполагается основываться на технологиях, разработанных ранее научными сотрудниками УО «ВГТУ», данных о первичной (исходной) структуре ППУ, а также на рецеп-

туростроении композиционных материалов, в частности резин.

Так на основе анализа вариантов технологий производства материалов и изделий для деталей низа обуви с использованием отходов полиуретанов, основанных на многочисленных исследованиях сотрудников УО «ВГТУ» по данной проблеме, была разработана технология получения материалов и подошв на основе отходов ППУ, представленная на рисунке 1. На основе анализа рецептов (состава, ингредиентов) композиционных материалов были обоснованы рецептурные составы композиций на основе отходов ППУ. Известно, что обувные материалы для низа обуви представляют собой многокомпонентную систему, состоящую из полимерной основы и различ-



ных ингредиентов [24], выбор которых позволяет достичь определенные свойства и влияет на разработку рецептуры композиции. Основные ингредиенты композиции представлены на рисунке 2, их назначение в композиции – в таблице 5.

В настоящее время все синтетические полимеры, из которых изготавливают подошвы обуви, подразделяют на две основные группы: резина и пластмассы. Основным компонентом полученных материалов и подошв является вторичный ППУ, который относится к группе пластмасс. Большинство пластмасс и полиуретан в том числе не имеет никакой градации по структуре. Определить, к какой группе относится тот или иной полимер, можно лишь по значениям его свойств. В то же время подошвенные резины в классическом обувном материаловедении по структуре делят на пористые, непористые (моно-

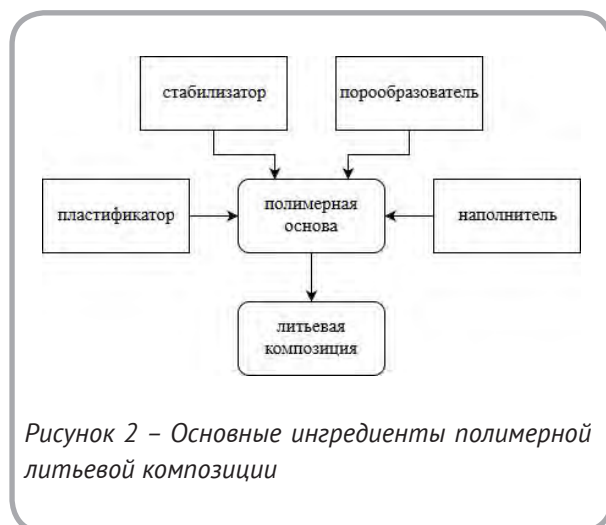


Таблица 5 – Назначение ингредиентов композиции

Ингредиент	Назначение
Стабилизатор	применяется для ингибирования процессов термоокислительной деструкции, позволяет использовать смесь расплава длительное время при высокой температуре
Пластификатор	обеспечивает получение изделий с высокой эластичностью, а также высокую текучесть пластиката при переработке
Порообразователь	используется в литьевых композициях для получения пористого низа обуви
Наполнитель	способствует уменьшению расхода основного полимера, позволяет получить материалы с заданным комплексом свойств

литные) и кожеподобные виды. Так как в обувном материаловедении, на обувных предприятиях и в центрах испытаний при исследовании или характеристике свойств полимерных материалов за основу берутся методики испытаний на резину для низа обуви, то и структуры материалов стремились получить наподобие резин. В связи с этим и анализ полученных материалов проводится в сравнении с нормируемыми значениями резин определенной структуры.

В работе [25] приводятся рецептурно-технологические аспекты получения материалов на основе отходов полиуретана, с добавлением в их состав ингредиентов для повышения технологичности переработки материала и модификации свойств полимерных композиций. Результатом работы является получение материалов – пластин, значения свойств которых соответствуют требованиям нормативно-технической документации и близки к используемым в настоящее время материалам в обувной промышленности. На основе полученных данных в дальнейшем была проведена производственная апробация изготовления подошв обуви. Свойства полученных образцов подошв представлены в таблице 6.

Из данных таблицы 6 видно, что физико-механические и эксплуатационные свойства подошв с использованием отходов ППУ имеют

достаточно близкие значения к материалам, применяемым в обувном производстве, а именно к монолитной резине. Поэтому полученные материалы могут быть использованы для изготовления материалов и деталей для низа обуви, а именно для производства подошв, каблучков и набоек для мужской и женской повседневной обуви весенне-осеннего периода носки.

В работе [26] приводятся данные исследования 4 видов пористых полимерных материалов на основе отходов обувных ППУ, отличающихся составом композиции, анализ которых показал, что для дальнейшего использования в обувном производстве при изготовлении подошв мужской и женской повседневной обуви весенне-осеннего периода носки рекомендуется использовать композицию, в составе которой порообразователь в виде концентратов вспенивающих добавок. Свойства полученных образцов подошв представлены в таблице 7.

Анализ таблицы позволяет сделать вывод о том, что полученные полимерные материалы пониженной плотности весьма близки по своим свойствам к пористым резинам. Полученные материалы имеют более высокие прочностные и эксплуатационные свойства. По данному варианту подана заявка № а 20180001 от 03.01.2018 г. на получение патента на изобретение «Гранулированная композиция для литья облег-

Таблица 6 – Свойства подошв из отходов ППУ

Материалы	Показатель						
	$\rho, \text{г/см}^3$	$H, \text{усл. ед.}$	$f_p, \text{МПа}$	$\epsilon_p, \%$	$\Theta, \%$	$\beta, \text{Дж/мм}^3$	$N, \text{тыс. циклов}$
Образцы подошв	1,1–1,2	75,0–80,0	5,6–6,0	270–280	18–20	6,8–7,5	50
Непористые резины*	не >1,3	75,0–85,0	не <4,5	не <160	не >20	не <2,5	не <30

Примечание: * – значения непористых резин даны для сравнительной характеристики.

Таблица 7 – Свойства подошв из отходов ППУ с порообразователем

Материалы	Показатель						
	$\rho, \text{г/см}^3$	$H, \text{усл. ед.}$	$f_p, \text{МПа}$	$\epsilon_p, \%$	$\Theta, \%$	$\beta, \text{Дж/мм}^3$	$N, \text{тыс. циклов}$
Образцы подошв	0,85–0,9	65,0–67,0	2,5–2,9	140–145	15–17	3,2–3,5	50
Пористые резины*	0,8–1,0	50,0–75,0	не <2,5	не <170	не >24	не <2,5	не <30

Примечание: * – значения пористых резин даны для сравнительной характеристики.

ченных обувных подошв» [27].

В работе [28] приводятся данные исследования 3 видов волокнисто-наполненных полимерных материалов на основе отходов обувных ППУ, отличающихся составом композиции. В качестве наполнителя использовались отходы, получаемые в результате стрижки ковров – кноп стригальный полипропиленовый, с длиной волокон 2–4 *мм*. Анализ результатов исследования показал, что для получения подошвенного материала с наилучшими показателями содержание кнопки должно составлять 1 *мас. ч.* по отношению к отходам ППУ. Физико-механические свойства подошв представлены в таблице 8.

По данным таблицы видно, что физико-механические и эксплуатационные характеристики подошв из отходов соответствуют нормам, установленным для других материалов из чистого сырья, традиционно применяемому материалу в обувном производстве – кожволону. Данные композиции могут быть использованы в производстве подошв женской обуви. На состав данных композиций подготовлены заявочные документы на получение патента на изобретение «Композиция для низа обуви с волокнистым наполнителем».

В настоящее время ведется работа по получению композиционных материалов, наполненных древесным наполнителем, в качестве которых выступает древесная мука. Предварительные исследования показали, что по свойствам данные материалы соответствуют материалам типа кожволон – «Ко», а древесная мука в полимерной композиции выступает не только как наполнитель, но еще и как порообразователь.

Также проводилась работа по получению вкладыша из отходов стелечных картонов и термопластических материалов для подносков

и задников на текстильной основе с одно- или двухсторонним нанесением полимерной композиции и вкладыша на основе отходов ППУ, наполненных отходами меховой промышленности – овчины меховой. В первом случае для получения материалов с определенными свойствами и качественным внешним видом использовали различные целевые добавки: масло вазелиновое и стеарат кальция (для повышения технологичности переработки), вторичный полиэтилен и порофор (для снижения плотности материала). Технология получения вкладышей аналогична технологии получения вторичных композиционных материалов из отходов, представленной в таблице 2. В результате производственной апробации на экструдере шнековом ЭШ-80Н4 был получен материал для вкладыша, удовлетворяющий основным требованиям к этой детали – плотность материала 0,67–0,75 *г/см³*. Во втором случае для получения материалов также использовали такие целевые добавки, как масло индустриальное и стеарат кальция. В результате производственной апробации на экструдере шнековом ЭШ-75 был получен материал для вкладыша, имеющий меньшую плотность (0,9 *г/см³*), чем образцы вкладыша, изготавливаемые в настоящее время на обувных предприятиях г. Витебска (1,0–1,05 *г/см³*). Однако они имеют очень низкую твердость (50 *усл. ед.*), не соизмеримую с твердостью образца, принятого за эталон (70 *усл. ед.*). Для получения образцов наилучшего качества необходимо уточнить процентный состав композиции, режимы изготовления, а также более тщательно проводить этап смешивания компонентов композиции.

Таким образом, на основе анализа, представленного в начале статьи, разработана технология получения материалов и подошв, которая

Таблица 8 – Свойства подошв с волокнистым наполнителем

Материалы	Показатель						
	$\rho, \text{г/см}^3$	$H, \text{усл. ед.}$	$f_p, \text{МПа}$	$\epsilon_p, \%$	$\Theta, \%$	$\beta, \text{Дж/мм}^3$	$N, \text{тыс. циклов}$
Образцы подошв	1,0–1,03	81,0–83,0	5,2–5,7	200–250	18–19	6,3–6,8	30
Резина типа кожволон*	не >1,1	80,0–95,0	не <5,0	не <180	не >20	не <2,5	не <20

Примечание: * – значения даны для сравнительной характеристики.

включает в себя следующие этапы: сортировка, измельчение, смешивание, гранулирование и литье; разработаны базовые рецептурные составы композиций с порообразователем и волокнистым наполнителем, проведена производствен-

ная апробация изготовления экспериментальных образцов подошв обуви с использованием отходов, поданы заявки на получение патентов на изобретение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года, режим доступа: <http://www.government.by/upload/docs/filea1a9a20a06fc7fe5.PDF> (дата доступа 20 февраля 2020).
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь, режим доступа: <http://www.belstat.gov.by> (дата доступа 20 февраля 2020).
3. Буркин, А. Н. [и др.] (2001), *Обувные материалы из отходов пенополиуретанов*, Витебск, 173 с.
4. Буркин, А. Н. [и др.] (2000), *Переработка твердых отходов обувных предприятий г. Витебска*, Витебск, 118 с.
5. Буркин, А. Н., Матвеев, К. С. (1999), *Способ переработки отходов пенополиуретана*, Витебский государственный технологический университет, № а 19991172, заявл. 28.12.1999, опубл. 30.06.2004, Бюл. № 2.
6. Новиков, А. К., Матвеев, А. К., Егорова, Е. А., Солтовец, Г. Н., Матвеев, К. С., Пятков, В. В. (2010), *Способ переработки отходов жестких полиуретанов*, Витебский государственный технологический университет, № а 20101025, заявл. 07.07.2010, опубл. 30.06.2012, Бюл. № 3 (86).
7. Технологии Технопарка УО «ВГТУ», режим доступа: <https://technopark-vitebsk.by/working/suggestions/tekhnologii> (дата доступа 20 февраля 2020).

REFERENCES

1. National strategy for the management of solid municipal waste and secondary material resources in the Republic of Belarus for the period up to 2035 [Nacional'naja strategija po obrashheniju s tverdyimi kommunal'nymi othodami i vtorichnymi material'nymi resursami v Respublike Belarus' na period do 2035 goda], (2020), available at: <http://www.government.by/upload/docs/filea1a9a20a06fc7fe5.PDF> (accessed 20 February 2020).
2. Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus' [National statistical Committee of the Republic of Belarus], (2020), available at: <http://www.belstat.gov.by> (accessed 20 February 2020).
3. Burkin, A. N. [i dr.] (2001), *Obuvnye materialy iz othodov penopoliuretanov* [Shoe materials from waste polyurethane foams], Vitebsk, 173 p.
4. Burkin, A. N. [i dr.] (2000), *Pererabotka tverdyh othodov obuvnyh predpriyatij g. Vitebska* [Processing of solid waste of footwear enterprises of Vitebsk], Vitebsk, 118 p.
5. Burkin, A. N., Matveev, K. S. (1999), *Sposob pererabotki othodov penopoliuretana* [Method for processing polyurethane foam waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 19991172, zjavl. 28.12.1999, opubl. 30.06.2004, Bjul. № 2.
6. Novikov, A. K., Matveev, A. K., Egorova, E. A., Soltovet, G. N., Matveev, K. S., Pjatov, V. V. (2010), *Sposob pererabotki othodov zhestkih poliuretanov* [Method for recycling hard polyurethane waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a

8. Мартынов, Н. В., Ковальков, Н. С., Залесский, В. В., Амирханов, Д. Р., Матвеев, К. С., Савицкий, В. В., Коваленко, А. Л., Стайнов, О. В., Пятов, В. В., Ахтанин, О. Н. (1997), *Низ обуви*, Витебский государственный технологический университет, Общество с ограниченной ответственностью «Предприятие МАРКО», № 970168, заявл. 24.03.1997, опубл. 30.06.2000.
9. Буркин, А. Н., Трофименко, О. И., Матвеев, К. С. (2000), *Вкладыш для низа обуви*, Витебский государственный технологический университет, ОАО «Лидская обувная фабрика», № а 20000975, заявл. 27.10.2000, опубл. 30.06.2005, Бюл. № 2 (45).
10. Швецов, Г. А. (1988), *Технология переработки пластических масс*, Москва, Химия, 512 с.
11. Голубев, А. Н., Пятов, В. В., Матвеев, К. С., Бровко, С. В., Куксенюк, Т. С., Новиков, А. К. (2009), *Шнековый экструдер для переработки полимерсодержащих*, Витебский государственный технологический университет, № и 20090603, заявл. 13.07.2009, опубл. 28.02.2010, Бюл. № 1 (72).
12. Новиков, А. К., Матвеев, К. С., Бровко, С. В., Пятов, В. В., Голубев, А. Н., Матвеев, А. К. (2009), *Экспериментальный экструдер для переработки полимерных отходов*, Витебский государственный технологический университет, № и 20090792, заявл. 28.09.2009, опубл. 30.04.2010, Бюл. № 2 (73).
13. Буркин, А. Н., Савицкий, В. В., Матвеев, К. С., Стайнов, О. В., Новиков, А. К. (1999), *Экструдер для переработки отходов пенополиуретана*, Витебский государственный технологический университет, № 19990140, заявл. 28.12.1999, опубл. 30.09.2000.
14. Матвеев, К. С., Новиков, А. К., Пятов, В. В., Бровко, С. В., Матвеев, А. К., Голубев, А. Н. (2008), *Экструдер для термомеханического рециклинга отходов интегральных полиуретанов*, Витебский государственный технологический университет, заявл. 07.07.2010, опубл. 30.06.2012, Бюл. № 3 (86).
7. Tehnologii Tehnoparka UO «VGTU» [Technologies of the VSTU Technopark], (2020), available at: <https://technopark-vitebsk.by/working/suggestions/tehnologii> (accessed 20 February 2020).
8. Martynov, N. V., Koval'kov, N. S., Zaleskij, V. V., Amirhanov, D. R., Matveev, K. S., Savickij, V. V., Kovalenko, A. L., Stajnov, O. V., Pjatov, V. V., Ahtanin, O. N. (1997), *Niz obuvi* [Bottom of shoes], Vitebsk State Technological University, limited liability Company «Marko Enterprise», State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № 970168, заявл. 24.03.1997, опубл. 30.06.2000.
9. Burkin, A. N., Trofimenko, O. I., Matveev, K. S. (2000), *Vkladysh dlja niza obuvi* [Liner for bottom of shoes], Vitebsk State Technological University, JSC «Lida Shoe factory», State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № а 20000975, заявл. 27.10.2000, опубл. 30.06.2005, Бюл. № 2 (45).
10. Shvecov, G. A. (1988), *Tehnologija pererabotki plasticheskikh mass* [Technology of plastic mass processing], Moscow, Chemistry, 512 p.
11. Novikov, A. K., Matveev, K. S., Brovko, S. V., Pjatov, V. V., Golubev, A. N., Matveev, A. K. (2009), *Jeksperimental'nyj jekstruder dlja pererabotki polimernyh othodov* [Screw extruder for processing polymer-containing waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № u 20090792, заявл. 28.09.2009, опубл. 30.04.2010, Бюл. № 1 (72).
12. Novikov, A. K., Matveev, K. S., Brovko, S. V., Pjatov, V. V., Golubev, A. N., Matveev, A. K. (2009), *Jeksperimental'nyj jekstruder dlja pererabotki polimernyh othodov* [Experimental extruder for processing polymer waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № u 20090792, заявл. 28.09.2009, опубл. 30.04.2010, Бюл. № 2

- университет, № у 20080790, заявл. 23.10.2008, опубл. 30.06.2009, Бюл. № 3 (68).
15. Матвеев, К. С., Новиков, А. К., Голубев, А. Н., Гусаков, А. В., Хмельницкий, В. А. (2003), *Экструдер для переработки кожевенных отходов*, Витебский государственный технологический университет, № у 20030311, заявл. 15.07.2003, опубл. 30.03.2004, Бюл. № 1 (40).
 16. Матвеев, К. С., Новиков, А. К., Голубев, А. Н., Станкевич, П. В., Фомин, П. М. (2004), *Экструдер для рециклинга отходов кожевенных материалов*, Витебский государственный технологический университет, № у 20040001, заявл. 08.01.2004, опубл. 30.09.2004, Бюл. № 3 (42).
 17. Матвеев, К. С., Новиков, А. К., Голубев, А. Н., Егорова, Е. А., Розов, Д. В., Ревин, Д. С. (2004), *Экструдер для переработки отходов искусственных кож*, Витебский государственный технологический университет, № у 20040516, заявл. 15.11.2004, опубл. 30.06.2005, Бюл. № 2 (45).
 18. Буркин, А. Н. [и др.] (2000), *Установка для гранулирования отходов тафтинговых покрытий*, Витебский государственный технологический университет, № а 20000024, заявл. 05.01.2000, опубл. 30.12.2003, Бюл. № 4 (39).
 19. Буркин, А. Н., Трофименко, О. И., Матвеев, К. С., Васильев, М. А. (1999), *Композиция для внутренних деталей обуви*, Витебский государственный технологический университет, № а 19990293, заявл. 30.03.1999, опубл. 30.12.2003, Бюл. № 4 (39).
 20. Буркин, А. Н., Энтин, Г. С., Матвеев, К. С. (1998), *Композиция для деталей низа обуви*, Витебский государственный технологический университет, № а 19980897, заявл. 29.09.1998, опубл. 30.06.2003, Бюл. № 2 (37).
 21. Амирханов, Д. Р., Пятов, В. В., Савицкий, В. В., Ахтанин, О. Н., Матвеев, К. С., Энтин, Г. С., Ринейский, Н. А. (1997), *Композиция для обувных* (73).
 13. Burkin, A. N., Savickij, V. V., Matveev, K. S., Stajnov, O. V., Novikov, A. K. (1999), *Jekstruder dlja pererabotki othodov penopoliuretana* [Extruder for processing waste polyurethane foam], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № 19990140, zajavl. 28.12.1999, opubl. 30.09.2000.
 14. Matveev, K. S., Novikov, A. K., Pjatov, V. V., Brovko, S. V., Matveev, A. K., Golubev, A. N. (2008), *Jekstruder dlja termomehanicheskogo reciklinga othodov integral'nyh poliuretanov* [Extruder for thermo-mechanical recycling of waste polyurethane integral], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № у 20080790, zajavl. 23.10.2008, opubl. 30.06.2009, Bjul. № 3 (68).
 15. Matveev, K. S., Novikov, A. K., Golubev, A. N., Gusakov, A. V., Hmel'nickij, V. A. (2003), *Jekstruder dlja pererabotki kozhevennyh othodov* [Extruder for processing leather waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № у 20030311, zajavl. 15.07.2003, opubl. 30.03.2004, Bjul. № 1 (40).
 16. Matveev, K. S., Novikov, A. K., Golubev, A. N., Stankevich, P. V., Fomin, P. M. (2004), *Jekstruder dlja reciklinga othodov kozhevennyh materialov* [Extruder for recycling leather waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № у 20040001, zajavl. 08.01.2004, opubl. 30.09.2004, Bjul. № 3 (42).
 17. Matveev, K. S., Novikov, A. K., Golubev, A. N., Egorova, E. A., Rozov, D. V., Revin, D. S. (2004), *Jekstruder dlja pererabotki othodov iskusstvennyh kozh* [Extruder for processing artificial leather waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № у 20040516, zajavl. 15.11.2004, opubl. 30.06.2005, Bjul. № 2 (45).

- подошв*, Витебский государственный технологический университет, № 970516, заявл. 03.10.1997, опубл. 30.03.2002, Бюл. № 1 (32).
22. Буркин, А. Н. [и др.] (2000), *Композиция для промежуточных деталей низа обуви*, Витебский государственный технологический университет, № u 20000331, заявл. 07.04.2000, опубл. 30.09.2004, Бюл. № 3 (42).
 23. Буркин, А. Н., Трофименко, О. И., Матвеев, К. С. (2000), *Композиционный материал для изготовления деталей обуви*, Витебский государственный технологический университет, ОАО «Лидская обувная фабрика», № а 20001016, заявл. 14.11.2000, опубл. 30.06.2005, Бюл. № 2 (45).
 24. Корнев, А. Е., Буканов, А. М., Шевердяев, О. Н., (2009), *Технология эластомерных материалов*, Москва, Истек, 502 с.
 25. Радюк, А. Н., Цобанова, Н. В. (2019), Материалы для деталей низа обуви с использованием в качестве основного компонента отходов полиуретана, *Материалы и технологии*, 2019, № 1 (3), С. 41–48.
 26. Радюк, А. Н., Борозна, В. Д., Буркин, А. Н., Шаповалов, В. М., Зотов, С. В., Овчинников, К. В. (2019), Пористые полимерные материалы на основе отходов обувных пенополиуретанов, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2019, № 2(37), С. 62–75.
 27. Буркин, А. Н., Шаповалов, В. М., Зотов, С. В., Овчинников, К. В., Гольдаде, В. А., Радюк, А. Н., Соколова, Н. М., Борозна, В. Д., Ковальков, Н. С. (2018), *Гранулированная композиция для литья облегченных обувных подошв*, Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси, Витебский государственный технологический университет, № а 20180001, заявл. 03.01.2018, опубл. 30.08.2019, Бюл. № 4 (129).
 18. Burkin, A. N. [i dr.] (2000), *Ustanovka dlja granulirovaniya othodov taftingovyh pokrytij* [Installation for granulating waste tufted coatings], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 20000024, zajavl. 05.01.2000, opubl. 30.12.2003, Bjul. № 4 (39).
 19. Burkin, A. N., Trofimenko, O. I., Matveev, K. S., Vasil'ev, M. A. (1999), *Kompozicija dlja vnutrennih detalej obuvi* [Composition for internal parts of shoes], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 19990293, zajavl. 30.03.1999, opubl. 30.12.2003, Bjul. № 4 (39).
 20. Burkin, A. N., Jentin, G. S., Matveev, K. S. (1998), *Kompozicija dlja detalej niza obuvi* [Composition for details of the bottom of shoes], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 19980897, zajavl. 29.09.1998, opubl. 30.06.2003, Bjul. № 2 (37).
 21. Amirhanov, D. R., Pjatov, V. V., Savickij, V. V., Ahtanin, O. N., Matveev, K. S., Jentin, G. S., Rinejskij, N. A. (1997), *Kompozicija dlja obuvnyh podoshv* [Composition for shoe soles], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № 970516, zajavl. 03.10.97, opubl. 30.03.02, Bjul. № 1 (32).
 22. Burkin, A. N. [i dr.] (2000), *Kompozicija dlja promezhutochnyh detalej niza obuvi* [Composition for intermediate parts of the bottom of shoes], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № u 20000331, zajavl. 07.04.2000, opubl. 30.09.2004, Bjul. № 3 (42).
 23. Burkin, A. N., Trofimenko, O. I., Matveev, K. S. (2000), *Kompozicionnyj material dlja izgotovlenija detalej obuvi* [Composite material for the manufacture of parts of footwear], Vitebsk State Technological University, JSC «Lida Shoe factory», State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 20001016, zajavl. 14.11.2000,

28. Радюк, А. Н. (2018), Получение и свойства композиционных полимерных материалов с волокнистым наполнителем, *Материалы V Республик. научно-технич. конференции молодых ученых*, Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2018, с. 27–28.
24. Kornev, A. E., Bukanov, A. M., Sheverdjaev, O. N., (2009), *Tehnologija jelastomernyh materialov* [Technology of elastomeric materials], Moscow, Istek, 502 p.
25. Radjuk, A. N., Cobanova, N. V. (2019), Materials for Parts of the Shoe Bottom with Polyurethane as the Main Component [Materialy dlja detalej niza obuvi s ispol'zovaniem v kachestve osnovnogo komponenta othodov poliuretana], *Materialy i tehnologii*, 2019, № 1 (3), pp. 41–48.
26. Radjuk, A. N., Borozna, V. D., Burkin, A. N., Shapovalov, V. M., Zotov, S. V., Ovchinnikov, K. V. (2019), Porous polymeric materials based on waste shoe polyurethane foams [Poristye polimernye materialy na osnove othodov obuvnyh penopoliuretanov], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2019, № 2(37), pp. 62–75.
27. Burkin, A. N., Shapovalov, V. M., Zotov, S. V., Ovchinnikov, K. V., Gol'dade, V. A., Radjuk, A. N., Sokolova, N. M., Borozna, V. D., Koval'kov, N. S. (2018), *Granulirovannaja kompozicija dlja lit'ja oblegchennyh obuvnyh podoshv* [Granular composition for casting lightweight shoe soles], V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 20180001, zayavl. 03.01.2018, opubl. 30.08.2019, Bjul. № 4 (129).
28. Radjuk, A. N. (2018), Obtaining and properties of composite polymeric materials with fibrous filler [Poluchenie i svojstva kompozicionnyh polimernyh materialov s voloknistym napolnitelem], *Materialy V Respublik. nauchno-tehnich. konferencii molodyh uchenyh*, Gomeľ: IMMS NAN Belarusi, 2018, pp. 27–28.

Статья поступила в редакцию 30. 04. 2020 г.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРАПИРУЕМОСТИ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ 3D-СКАНИРОВАНИЯ

DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR CALCULATING INDICATORS OF FABRICS DRAPEABILITY BASED ON 3D SCANNING DATA

УДК 677.017

Д.Б. Рыклин*, Сяотун Тан, К.А. Крушевич

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13811>**D. Ryklin*, X. Tang, K. Krushevich**

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ДРАПИРУЕМОСТЬ, 3D-СКАНИРОВАНИЕ, ЛЬНЯНАЯ ТКАНЬ, ПРОГРАММА

Цель работы – разработка программы для автоматизации процессов обработки результатов 3D-сканирования проб драпированной ткани с целью оценки их драпируемости. Для создания программы DrapeCalculator выбран язык программирования Python. Разработанная программа позволяет получать коэффициенты регрессионных моделей, описывающих форму поверхности драпированных проб и профилей отдельных их сечений, а также значения показателей драпируемости. Апробация программы показала, что результаты расчетов, произведенных с использованием разработанной программы, отличаются незначительно от результатов, получаемых при ручном способе подготовки данных, в случае усреднения данных 3D-сканирования трех проб драпированных тканей. Применение программы DrapeCalculator позволяет снизить затраты времени на обработку результатов 3D-сканирования более чем в 40 раз.

ABSTRACT

DRAPEABILITY, 3DSCANNING, LINEN FABRIC, PROGRAM

The paper is devoted to the development of a program for automating of the 3D scanning results processing of draped fabrics samples in order to assess their drapeability. Programming language Python is chosen to develop the program DrapeCalculator. The developed program allows obtaining coefficients of regression models describing the surface of draped samples shape and the profiles of their individual cross-sections, as well as the values of drape indicators. Testing the program showed that the results of calculations made using the developed program differ slightly from the results obtained with the manual method of data preparation in the case of averaging 3Dscanning data of three samples of draped fabrics. The use of the program DrapeCalculator allows to reduce the time required to process the results of 3D scanning by more than 40 times.

В настоящее время перспективным направлением разработки методов оценки драпируемости тканей является использование технологии 3D-сканирования. Анализ источников [1–4] показал, что применение подобных технологий дает возможность получать разнообразные данные для оценки драпируемости тканей на основе анализа их трехмерных моделей драпированных проб.

Основными преимуществами 3D-сканирова-

ния является возможность получения истинного трехмерного изображения драпированной ткани, а также анализа ее текстуры.

В статье [3] отмечается целесообразность создания специального программного обеспечения для обработки изображения драпированных проб, в которой предложен метод, заключающийся в переводе информации о драпировке тканей в виртуальную трехмерную среду, где осуществляется определение параметров скла-

* E-mail: ryklin-db@mail.ru (D. Ryklin)

док и сопоставление реальных и смоделированных проб. Отмечается, что обработка данных в виртуальной среде создает возможности для введения новых критериев оценки драпируемости.

Однако на сегодняшний день комплексные показатели, характеризующие форму драпированных тканей, разработаны недостаточно детально.

В работе [4] предложен критерий, который дает более явную характеристику драпируемости по сравнению со стандартными методами, так как он позволяет выявить различия в степени драпируемости различных проб, характеризующихся одинаковым коэффициентом драпируемости. Но данный критерий не характеризует равномерность образования складок, а также их форму (округлость или заостренность).

С учетом актуальности рассматриваемой проблемы в работе [5] была поставлена задача разработки новой методики оценки драпируемости тканей на основе анализа результатов 3D-сканирования. В процессе решения задачи доказана возможность математического описания поверхности драпированной пробы текстильного полотна на основании статистической обработки результатов ее 3D-сканирования [5].

Однако описанный в работе [5] метод оценки драпируемости тканей имеет следующие недостатки:

- трудоемкость получения данных для статистической обработки;
- высокая погрешность определения расстояний от оси опорного диска до точек на поверхности драпированной пробы, связанная с неточностью определения их местоположения, а также с погрешностью измерения;
- высокая погрешность определения коэффициента драпируемости, возникающая при обводке контура тени, вырезании и взвешивании.

Указанные недостатки не позволяют эффективно использовать новый метод оценки драпируемости тканей в производственной и научно-исследовательской деятельности.

Целью работ, описываемых в данной статье, является разработка компьютерной программы, которая позволит в автоматическом режиме осуществлять обработку результатов сканирования с построением математической модели и расчет

всех показателей драпируемости, что приведет к устранению указанных выше недостатков.

Для достижения поставленной цели был решен ряд задач, связанных с автоматизацией процессов извлечения данных из файла, получаемого в результате 3D-сканирования, их статистической обработки, а также с последующей апробацией разработанной программы при оценке драпируемости льняных и льносодержащих тканей.

В результате сканирования пробы формируется файл в формате STL, который представляет собой набор из большого количества полигонов, состоящих, в свою очередь, из трех точек. В связи с этим при разработке программы на первом этапе необходимо было решить задачу об извлечении данных из полученного файла.

Учитывая значительное количество получаемых точек, превышающее 120000, программа извлекает координаты точек на поверхности сканированной пробы прямо из полигонов, составляющих файл.

Обработка данных осуществляется для отдельных слоев с последующим объединением полученных результатов в одну модель, описывающую поверхность пробы.

Для каждого исследуемого сечения, расположенного на расстоянии H от опорного диска, осуществляется определение коэффициентов следующей модели:

$$R_d = R_0 + \Delta R_1 \left(\frac{1 + \sin(n \cdot \varphi + \Delta \varphi_1)}{2} \right)^{k_1} + \Delta R_2 \left(\frac{1 + \sin(2 \cdot \varphi + \Delta \varphi_2)}{2} \right)^{k_2}, \quad (1)$$

где R_d – расстояние от оси опорного диска до точки на поверхности пробы, измеренное под углом φ относительно направления основы ткани, m ; R_0 – радиус окружности, вписанной в сечение драпированной ткани, m ; ΔR_1 – высота складки без учета анизотропии ткани по свойствам, m ; ΔR_2 – отклонение высоты складки из-за анизотропии свойств ткани, m ; n – количество формируемых складок; k_1 и k_2 – показатели степени, которые характеризуют искажение формы сечения складок по сравнению с принятой ранее за основу синусоидой; $\Delta \varphi_1$ и $\Delta \varphi_2$ – начальные фазы периодических составляющих

формулы (1).

В качестве дополнительного показателя драпируемости тканей предложено использовать коэффициент детерминации, характеризующий соответствие регрессионной модели (1) результатам 3D-сканирования [6].

Поверхность драпированной ткани при количестве складок, равном n , описывается следующей формулой:

$$R_d(\varphi, H) = (a_0 + a_1 \cdot H) + (a_2 + a_3 \cdot H) \left(\frac{1 + \sin(n \cdot \varphi + \Delta\varphi_1)}{2} \right)^{(a_4 + a_5 \cdot n)} + (a_6 + a_7 \cdot H) \left(\frac{1 + \sin(2 \cdot \varphi + \Delta\varphi_2)}{2} \right)^a. \quad (2)$$

Полученная модель содержит 8 эмпирических коэффициентов $a_0 - a_7$, которые зависят как от параметров процесса испытания ткани (например, от радиуса образца и радиуса опорного диска), так и от свойств испытываемой ткани (поверхностной плотности, плотности по основе и утку, жесткости нитей основы и утка, переплетения и так далее).

В связи с этим после проведенной операции извлечения данных из всей совокупности точек выделяются только те, для которых можно определить принадлежность каждому из рассматриваемых сечений. Количество сечений и диапазон, определяющий расстояние от нижнего до верхнего сечения, задаются заранее до начала обработки данных. В ходе экспериментальных исследований установлено, что наиболее достоверные значения получаются в диапазоне H от 15 до 25 мм.

Принадлежность точки конкретному слою определяется с учетом заданного допуска по оси Z , составляющего $\pm 0,25$ мм, что приблизительно соответствует среднему диаметру льняной пряжи линейной плотности 80 текс.

Количество точек, попадающих в каждое сечение, зависит от размеров образца и опорного диска, расстояния от опорного диска до исследуемого сечения, а также от структуры ткани. Для исследованных образцов количество точек в сечении составило от 492 до 2428. В связи с этим оказалось невозможным осуществить обработку данных, разбивая сечение на заданное количе-

ство углов, например, на 24 или 72 угла, как было принято при ручном способе обработки. С другой стороны, важно отметить, что положение каждой точки определялось с некоторой погрешностью, зависящей как от ее нахождения в пределах указанного выше допуска, так и от структуры тканей.

В связи с этим было принято решение разделять сечение на секторы со значительно меньшим центральным углом и проводить усреднение расстояний от оси опорного диска до выявленных точек на поверхности пробы, попадающих в данный сектор. В разработанной программе разделение сечения осуществляется на 128 секторов с центральным углом 2,8125 градуса. В этом случае в каждый сектор попадает от 3 до 20 точек, что позволяет получать усредненные значения с достаточной точностью.

При расчете коэффициента драпируемости осуществлялся расчет площади тени, создаваемой пробой, как сумма площадей отдельных секторов по формуле Герона. В данном расчете учитывались координаты точек, находящихся на наибольшем расстоянии от оси опорного диска во всех направлениях.

Одной из важных решаемых проблем являлось определение местоположения оси опорного диска, или центрирования пробы, так как обработка результатов сканирования и построение математической модели поверхности пробы осуществлялись в полярных координатах. Необходимо отметить, что от решения данного вопроса существенно зависят результаты статистической обработки данных, полученных при 3D-сканировании.

На рисунке 1 представлены профили сечений одной и той же пробы ткани. Варианты а и б получены при обработке со смещением оси опорного диска относительно начала координат в полярной системе, а вариант в – при их совмещении.

Необходимо отметить, что профили сечений во всех трех вариантах одинаковы. Расчетное значение коэффициента драпируемости, рассчитываемого по формуле, приведенной в стандарте ИСО 9073-9:2008, во всех случаях составило приблизительно 60,5 %, при этом различия в расчетных значениях, приведенные в таблице 1, могут объясняться только статистической ошибкой. Таким образом, положение оси опорного

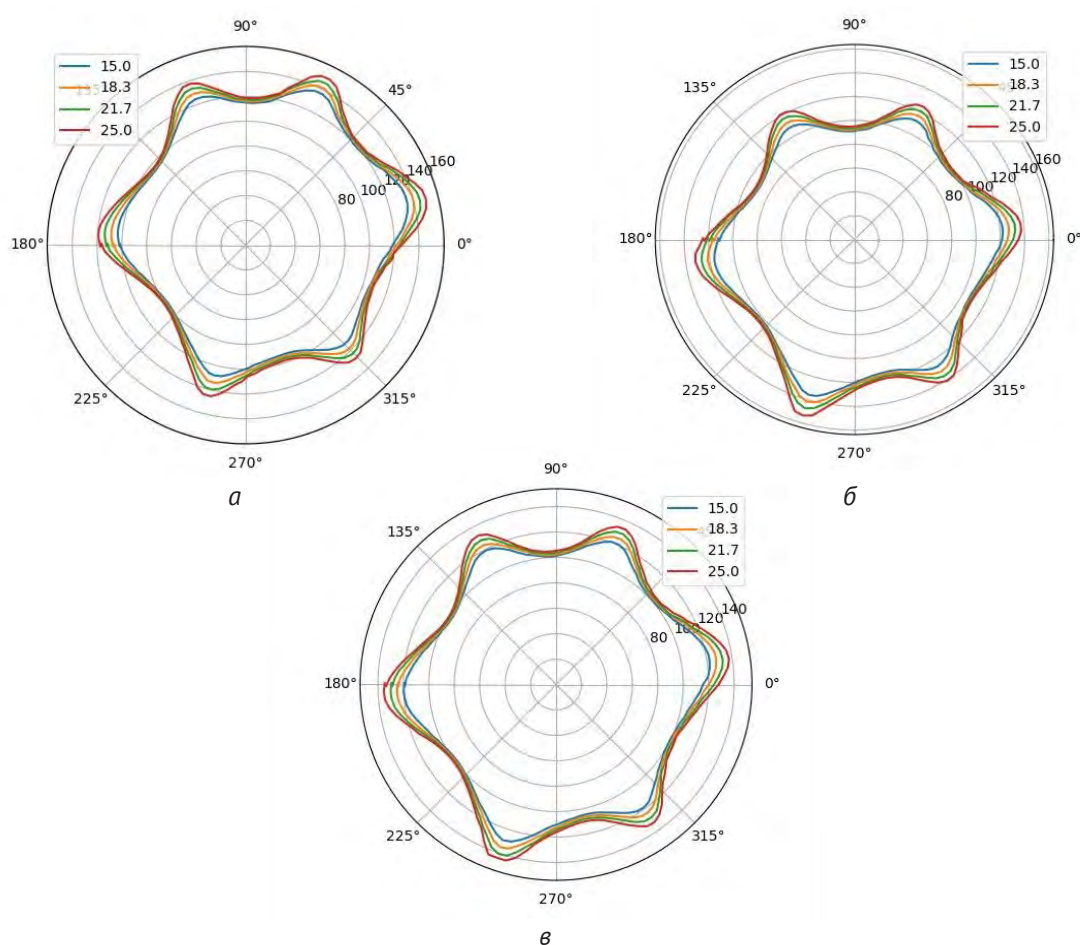


Рисунок 1 – Профили сечений пробы при разном положении оси прижимного диска

Таблица 1 – Показатели драпируемости, определенные для пробы при различных положениях оси опорного диска

Наименование показателя	Обозначение варианта на рисунке 1		
	а	б	в
Коэффициент драпируемости K_d , %	60,5663	60,5469	60,5415
Коэффициент детерминации регрессионной модели R^2 , определенный для сечения, находящегося на расстоянии 25 мм от опорного диска	0,077	0,073	0,699

диска не оказывает значительного влияния на расчетное значение коэффициента драпируемости. Однако несовпадение оси опорного диска с началом координат в полярной системе существенно влияет на другие показатели драпируемости, рассчитываемые программой.

Центрирование пробы в программе осуще-

ствляется с помощью прижимного диска, который по своим размерам совпадает с опорным диском. При проведении операции центрирования в расчет принимаются не все точки на боковой поверхности диска, а только те, которые попадают в определенное его сечение. Так как в процессе сканирования пробы прижимной диск

1 (рисунок 2) также попадает в область сканирования, программа на основе использования итерационного метода подгонки, описанного в работе [7], может определить такое положение его оси, при котором точки на поверхности диска находятся на одинаковом расстоянии от цен-

тра окружности выбранного сечения 2.

Так как ткань обладает определенной упругостью, а масса прижимного диска невелика, в месте контакта диск может располагаться не горизонтально, из-за чего при сканировании профиль его сечения в верхней и нижней частях

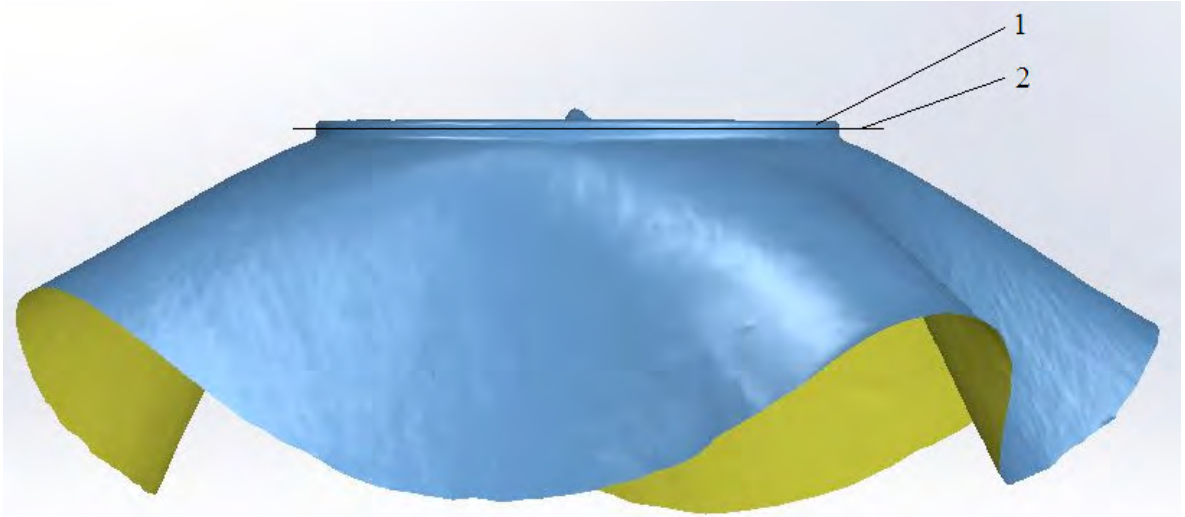


Рисунок 2 – Определение сечения диска, используемого для центрирования пробы

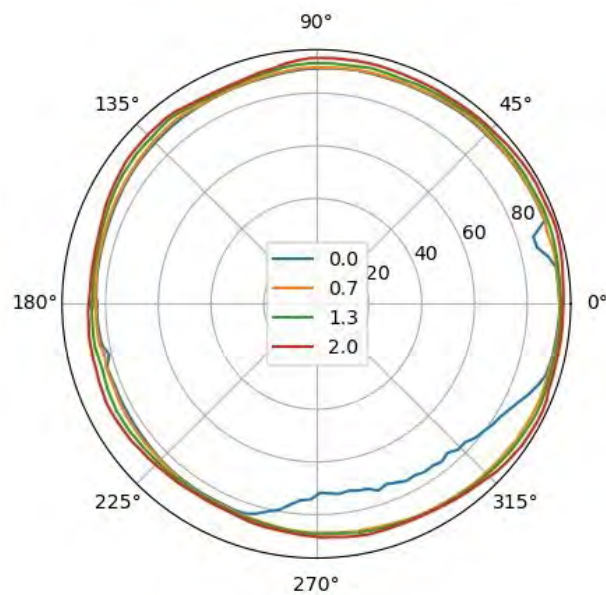


Рисунок 3 – Результаты сканирования прижимного диска на разных расстояниях от поверхности ткани

диска может отображаться с искажениями (рисунок 3). Установлено, что центрирование целесообразно осуществлять со смещением относительно поверхности ткани на 1,5–2 мм.

После центрирования пробы осуществляется поиск коэффициентов модели (1) для каждого из сечений методом наименьших квадратов, а далее расчет коэффициентов a_0 – a_7 , определяющих влияние расстояния от сечения пробы до опорной плоскости на профиль ее сечения.

Для каждого сечения определяется коэффициент детерминации регрессионной модели $R^2(H)$. Кроме того, для поверхности пробы коэффициент детерминации модели (2) рассчитывается с учетом определенных коэффициентов a_0 – a_7 .

Для создания программы DrapeCalculator выбран язык программирования Python. Выходные данные формируются в два файла, один из которых в формате *.csv содержит информацию о точках на поверхности драпированной пробы, а второй – в формате *.xlsx представляет собой электронную таблицу с параметрами регрессионной модели, описывающей поверхность пробы, а также с рассчитанными значениями показателей драпируемости.

Рассмотрим результаты работы программы на примере обработки данных 3D-сканирования проб двух образцов льняной ткани артикула И14С176-ШР полотняного переплетения, одна из которых была подвергнута стирке с добавлением ферментного препарата Vactosol фирмы Archroma и последующим полосканием в мягчителе TUBINGAL SMF производства фирмы СНТ [8].

Для испытанных проб получены следующие модели, описывающие их поверхности:

– для варианта 1 (неумягченного):

$$R_d(\varphi, H) = (97,00 + 0,932 \cdot H) + (1,46 + 1,159 \cdot H) \times \left(\frac{1 + \sin(6 \cdot \varphi + 0,450)}{2} \right)^{(1,318 + 0,0088 \cdot H)} + (-1,22 + 0,447 \cdot H) \cdot \left(\frac{1 + \sin(2 \cdot \varphi - 1,157)}{2} \right)^4; \quad (3)$$

– для варианта 2 (умягченного):

$$R_d(\varphi, H) = (93,44 + 0,408 \cdot H) + (3,44 + 0,993 \cdot H) \times \left(\frac{1 + \sin(6 \cdot \varphi - 1,554)}{2} \right)^{(1,190 + 0,0186 \cdot H)} + (3,90 + 0,026 \cdot H) \cdot \left(\frac{1 + \sin(2 \cdot \varphi + 1,049)}{2} \right)^4. \quad (4)$$

Результаты аппроксимации горизонтальных сечений проб с использованием программы DrapeCalculator представлены на рисунке 4.

Складки умягченной ткани (вариант 2) в большей степени соответствуют полученной регрессионной модели, что подтверждается рассчитанными значениями коэффициентов детерминации R^2 , приведенными в таблице 2. Также можно отметить, что умягчение привело к снижению коэффициента драпируемости, что является вполне ожидаемым результатом.

Таким образом, одним из возможных направлений использования разработанной программы является оценка эффективности процессов заключительной отделки тканей.

Оценка достоверности результатов расчетов, проводимых программой DrapeCalculator, осуществлена посредством их сопоставления с результатами, полученными при ручном способе подготовки данных к статистической обработке, заключающемся в вырезании из бумаги профилей сечений пробы, их разметки и измерении расстояния от оси опорного диска до точек на поверхности тканей.

При определении коэффициента драпируемости с использованием ручного способа согласно стандарту ИСО 9073-9:2008 тень испытуемого образца проецируется на бумажное кольцо известной массы и такого же размера, как неподдерживаемая часть образца. Очертание тени оставляет след на бумажном кольце, и по контуру следа разрезают бумагу. Коэффициент драпируемости представляет собой массу незатененной части бумажного кольца, выраженную в процентах от массы целого бумажного кольца.

Степень совпадения результатов обработки данных различными методами можно оценить, анализируя графики, представленные на рисунках 5 и 6. При проведении расчетов использовались результаты сканирования проб пяти умяг-

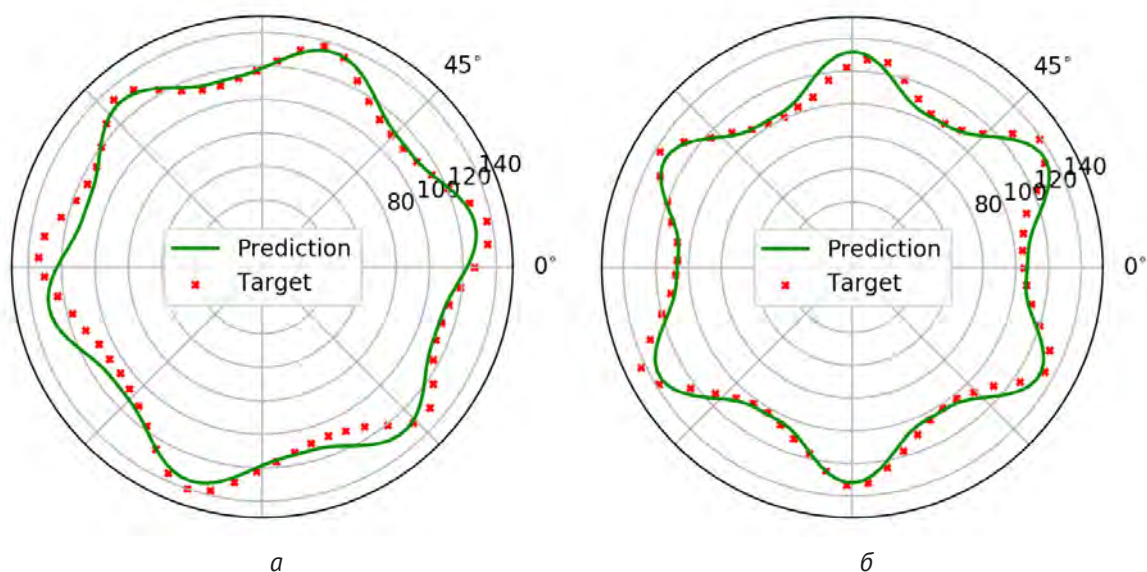


Рисунок 4 – Результаты аппроксимации горизонтальных сечений проб с использованием программы DrapeCalculator:

а – вариант 1 (неумягченный); б – вариант 2 (умягченный)

Таблица 2 – Показатели драпируемости, определенные с помощью программы DrapeCalculator

Вариант	Расстояние от опорной плоскости до исследуемого сечения H , мм	Коэффициент драпируемости K_d , %	Коэффициент детерминации модели R^2
1	15	78,8	0,61
2	25	56,3	0,85

ченных и двух неумягченных тканей. Из каждого образца ткани подготавливались три пробы диаметром 300 мм, которые сканировались по 1 разу.

Испытаниям подвергались ткани полотняного и вафельного переплетения, а также двухслойные ткани с соединением слоев по контуру рисунка. В зависимости от жесткости тканей использовались разные сочетания диаметров пробы и опорного диска (300 мм / 180 мм и 200 мм / 80 мм). Общее количество исследованных проб составило 102.

Анализируя представленные результаты, можно отметить, что для каждого из определяемых показателей драпируемости существует явная взаимосвязь значений, определенных при использовании ручного способа подготовки

данных к статистической обработке и разработанной программы. Эта связь подтверждается рассчитанными значениями коэффициентов корреляции:

– для коэффициента драпируемости K_d $r = 0,98$;

– для коэффициента детерминации регрессионной модели R^2 $r = 0,99$.

Все показатели драпируемости изменялись в достаточно большом диапазоне, что свидетельствует о высокой чувствительности определяемых показателей драпируемости к свойствам испытываемых тканей.

Среднее значение коэффициента драпируемости, рассчитанного с использованием программы DrapeCalculator, составило 63,24 %, а при ручном методе подготовки данных –

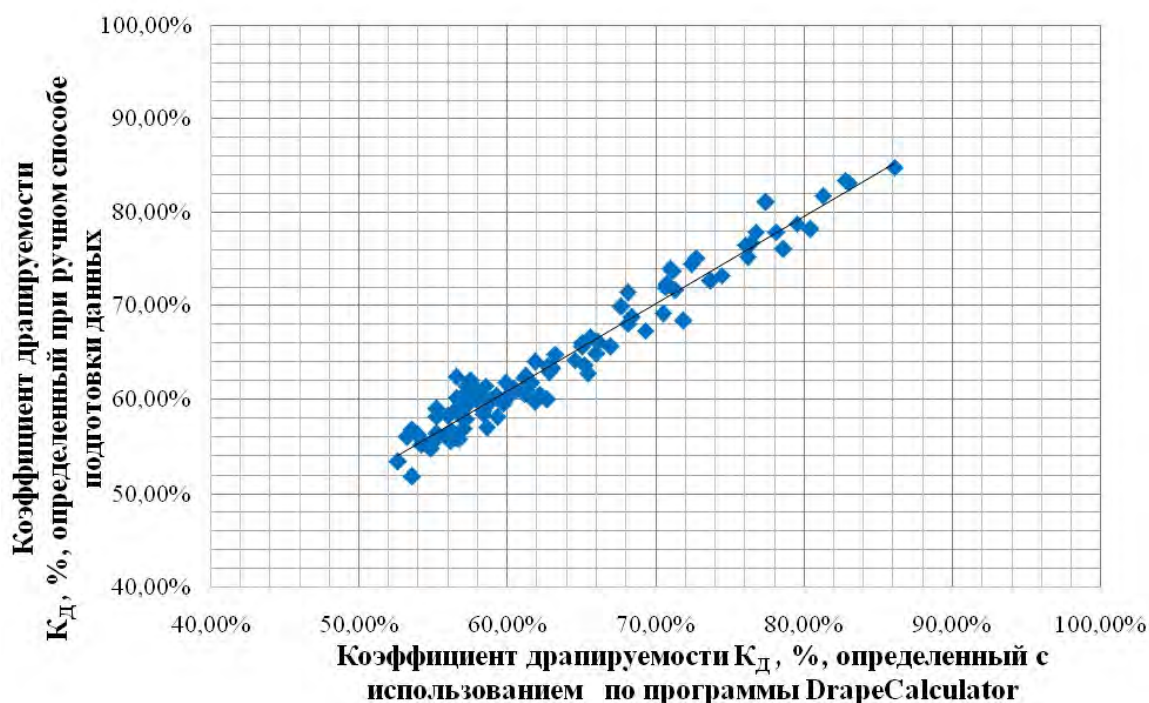


Рисунок 5 – Сопоставление единичных значений коэффициента драпируемости, полученного разными методами

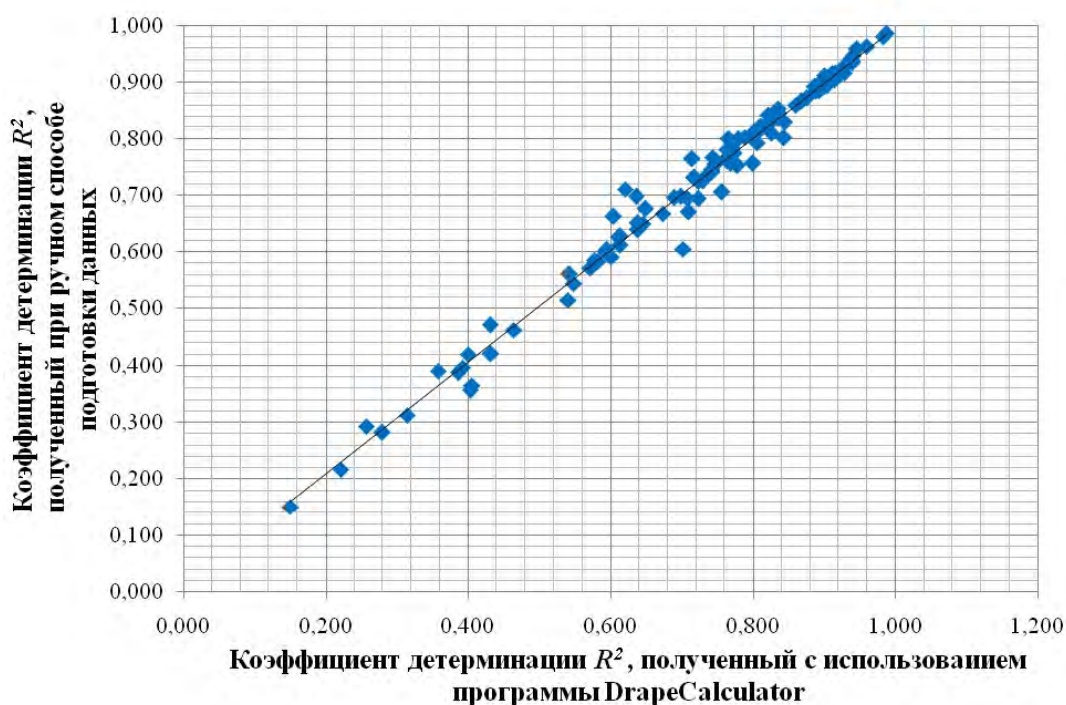


Рисунок 6 – Сопоставление единичных значений коэффициента детерминации регрессионной модели, полученного разными методами

63,78 %.

Однако на графиках можно увидеть достаточно существенные отклонения единичных значений показателей, определенных различными методами. Эти отклонения связаны с погрешностями, которые были отмечены ранее. Анализ результатов показал, что на отклонение значений показателей не влияют жесткость тканей и их структура.

С учетом того, что в соответствии со стандартом ИСО 9073-9:2008 коэффициент драпируемости определяется по результатам испытания 3 проб, представляет интерес оценка отклонения результатов обработки данных, полученных двумя методами, а затем усредненных по трем испытаниям. Сопоставление усредненных значений графически представлено на рисунках 7 и 8.

Из рисунков видно, что разница усредненных значений показателей драпируемости существенно снизилась по сравнению с единичными значениями.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что применение разрабо-

танной программы позволяет получать с достаточной точностью значения всех показателей драпируемости, которые определялись при использовании ручного метода подготовки данных для статистической обработки.

Апробация программы показала существенное сокращение временных затрат на обработку результатов 3D-сканирования.

На определение коэффициента драпируемости одной пробы традиционным методом, заключающемся в нанесении на бумагу разметки, вырезании кольца и тени, взвешивании и вычислении показателя, требуется около 5 минут, соответственно, для трех проб – 15 минут.

Затраты времени на сбор данных, необходимых для получения регрессионной модели каждого сечения драпированной пробы, составляют около 10 минут при разбиении его на 24 сектора, в том числе 7 минут на разметку и измерение отрезков, 3 минуты на занесение данных в таблицу программы Statistica for Windows и последующую статистическую обработку.

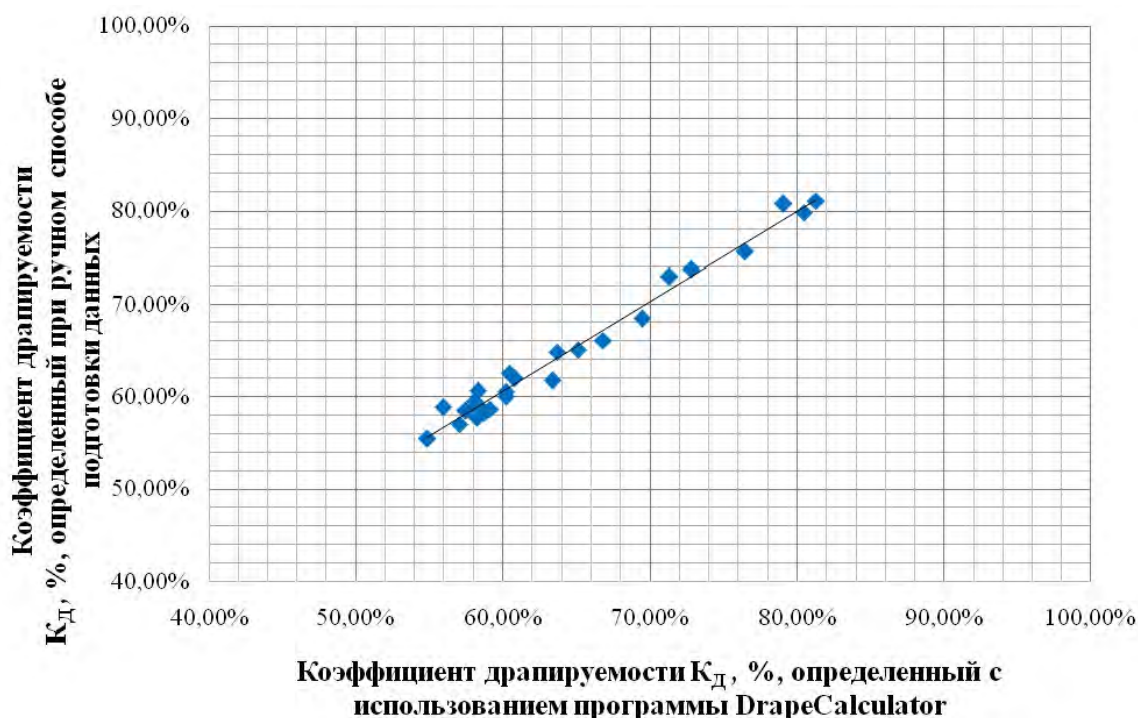


Рисунок 7 – Сопоставление усредненных значений коэффициента драпируемости, полученного разными методами

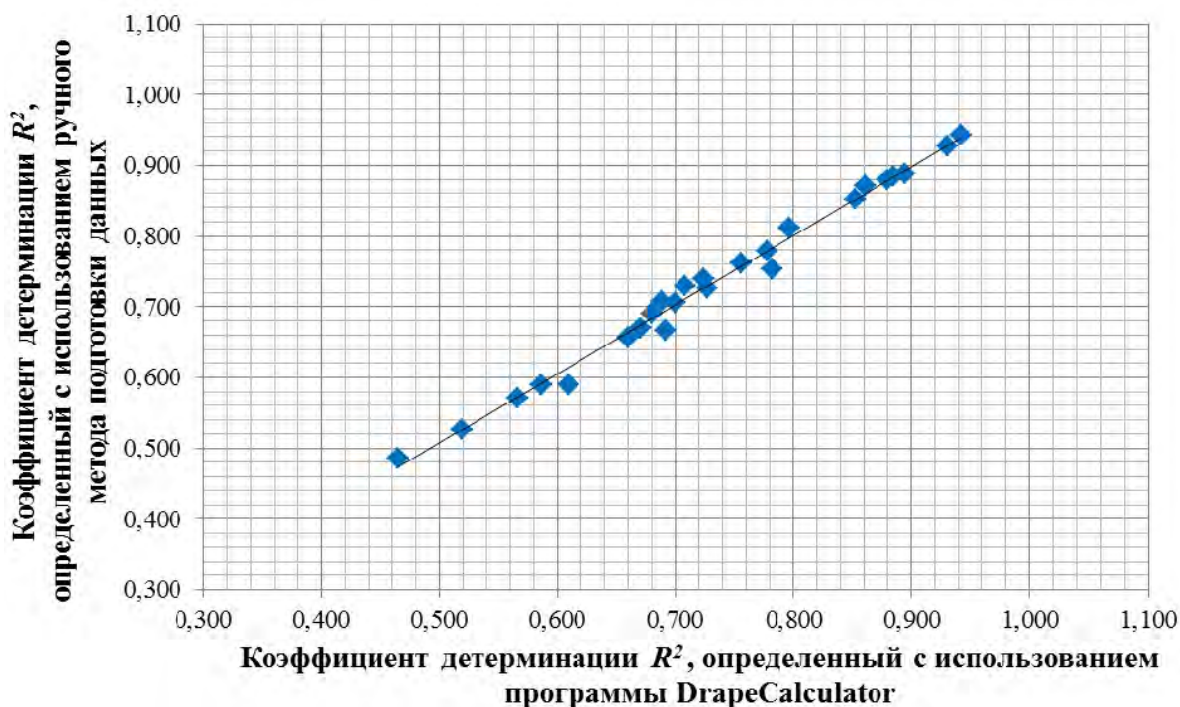


Рисунок 8 – Сопоставление усредненных значений коэффициента детерминации регрессионной модели, полученного разными методами

Так как для получения модели поверхности требуется проведение обработки данных о четырех сечениях драпированной пробы, а количество испытанных проб в соответствии со стандартом должно быть равно трем, приведенные затраты времени возрастают в 12 раз и составляют 2 часа.

При использовании программы DrapeCalculator время на обработку результатов 3D-сканирования находится в пределах 1,5–2 минут, соответственно, для трех проб – около 5 минут.

Таким образом, программа DrapeCalculator позволяет снизить затраты времени на обработку результатов 3D-сканирования более чем в 40 раз.

ВЫВОДЫ

1. Разработана программа DrapeCalculator для автоматизации процессов обработки результатов 3D-сканирования проб драпированной ткани с целью определения значений показателей, характеризующих их драпируемость.

2. Апробация программы показала, что результаты расчетов, произведенных с использованием разработанной программы, отличаются

незначительно от результатов, получаемых при ручном способе подготовки данных, в случае усреднения данных 3D-сканирования трех проб драпированных тканей.

3. Применение программы DrapeCalculator позволяет снизить затраты времени на обработку результатов 3D-сканирования более чем в 40 раз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шен, В., Рен, Ц. (2014), Испытания драпируемости ткани на основе датчика Kinect, *Журнал Чжэцзянского университета науки и технологии*, 2014, vol. 31, № 3, С. 306–309. (沈. 伟, 任. 静. 2014基于Kinect传感器的织物悬垂性测试, *中国, 浙江理工大学学报*, 第31卷, 第3期, 306–309页).
2. Glombikova, V., Kus, Z. (2014), Drape evaluation by the 3d drape scanner, *Tekstil ve konfeksiyon*, 2014, 24 (3), pp. 279–285.
3. Tannie Mah, Guowen Song (2010), An investigation of the assessment of fabric drape using three-dimensional body scanning, *The Journal of The Textile Institute*, 2010, vol. 101, № 4, pp. 324–335.
4. Kenkare, N., Lamar, T. A. M., Pandurangan, P., Eischen, J. (2006), Enhancing accuracy of drape simulation. Part I: Investigation of drape variability via 3D scanning, *The Journal of the Textile Institute*, 2006, vol. 99, № 3, pp. 211–218.
5. Рыклин, Д. Б., Тан, С., Гришаев, А. Н., Песковский, Д. В. (2018), Разработка математической модели драпированной ткани с использованием данных, получаемых в процессе 3D-сканирования, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2018, № 1 (34), С. 70–78.
6. Рыклин, Д. Б., Тан, С., Гришаев, А. Н., Песковский, Д. В. (2018), Оценка драпируемости льняных тканей с использованием 3D-сканирования, *Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности*, 2018, С. 84–86.
7. Wang H.-S., Zhang Q., Wang F. (2013), Iterative circle fitting based on circular attracting factor, *Journal of Central South University*, 2013, vol. 20, pp. 2663–2675.
8. Скобова, Н. В., Ясинская, Н. Н., Котко, К. А.

REFERENCES

1. Shen, V., Ren, Ts. (2014), Kinect Sensor Fabric Drape Test [Ispytaniya drapiruемости tkani na osnove datchika Kinect], *Zhejiang University Journal of Science and Technology*, 2014, vol. 31, №3, pp. 306–309. (沈. 伟, 任. 静. 2014基于Kinect传感器的织物悬垂性测试, *中国, 浙江理工大学学报*, 第31卷, 第3期, 306–309页).
2. Glombikova, V., Kus, Z. (2014), Drape evaluation by the 3d drape scanner, *Tekstil ve konfeksiyon*, 2014, 24 (3), pp. 279–285.
3. Tannie Mah, Guowen Song (2010), An investigation of the assessment of fabric drape using three-dimensional body scanning, *The Journal of The Textile Institute*, 2010, vol. 101, № 4, pp. 324–335.
4. Kenkare, N., Lamar, T. A. M., Pandurangan, P., Eischen, J. (2006), Enhancing accuracy of drape simulation. Part I: Investigation of drape variability via 3D scanning, *The Journal of the Textile Institute*, 2006, vol. 99, № 3, pp. 211–218.
5. Ryklin, D., Tang, X., Grishaev, A., Piaskouski, D. (2018), Development of mathematical model of draped fabric with use of 3-D scanning data [Razrabotka matematicheskoy modeli drapirovannoj tkani s ispol'zovaniem dannyh, poluchaemyh v processe 3D-skanirovaniya], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2018, № 1 (34), pp. 70–78.
6. Ryklin, D., Tang, X., Grishaev, A., Piaskouski, D. (2018), Evaluation of drape ability of linen fabrics with use of 3-D scanning [Ocenka drapiruемости l'nyanyh tkanej s ispol'zovaniem 3D-skanirovaniya], *Innovacionnye tekhnologii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti – Innovative technologies in textile and light industry*, 2018, pp. 84–86.

(2019), Умягчающая отделка льняных постельных тканей, *Материалы докладов 52-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, УО «ВГТУ»*, 2019б том 1, С. 314–316.

7. Wang H.-S., Zhang Q., Wang F. (2013), Iterative circle fitting based on circular attracting factor, *Journal of Central South University*, 2013, vol. 20, pp. 2663–2675.

8. Skobova, N. V., Yasinskaya, N. N., Kotko, K. A. (2019), The softening finishinf of linen bedding [Umyagchayushchaya otdelka l'nyanyh postel'nyh tkanej], *Proceedings of the 52nd International scientific and technical conference of teachers and students, EI «VSTU»*, 2019, vol. 1, pp. 314–316.

Статья поступила в редакцию 24. 03. 2020 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НИТЕЙ

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PROCESS OF PRODUCING COMBINED FUNCTIONAL YARN

УДК 677.072.3

Н.В. Скобова*, Е.Ш. Косоян*Витебский государственный технологический университет*<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13812>**N. Skobova*, E. Kosoyan***Vitebsk State Technological University*

РЕФЕРАТ

КОМБИНИРОВАННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НИТИ, СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА, НИТЬ QUICK DRY, РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ

Ассортимент химических волокон и нитей постоянно расширяется за счет появления новых видов полимеров и модификации существующих. ОАО «СветлогорскХимволокно» выпустил на рынок текстильных нитей порядка 18 наименований новой продукции. Для изучения выбрана нить Quick Dry, главной особенностью которой является увеличенная поверхность испарения. Достичь данного эффекта удалось за счет физической модификации нити. Проведена работа по оценке целесообразности соединения комплексной функциональной нити Quick Dry с гидрофобными (полиэфирными) волокнами для придания комбинированной нити гигиенических свойств.

Проведены экспериментальные исследования процесса формирования комбинированной функциональной нити на кольцевой прядильной машине, в ходе которых определены рациональные технологические режимы, позволяющие обеспечить комбинированной нити повышенные сорбционные свойства. Сравнительный анализ впитывающих свойств комбинированных функциональных нитей и традиционных комбинированных полиэфирных нитей подтвердил целесообразность сочетания функциональной нити Quick Dry с гидрофобными волокнами. Применение комбинированных функциональных нитей анализируемого состава для изготовления трикотажных изделий позволит повысить их гигиенические характеристики.

ABSTRACT

COMBINED FUNCTIONAL YARN, SORPTION PROPERTIES, QUICK DRY FILAMENTS, REGRESSION MODELS

The range of man-made fibers and filament yarn is constantly expanding due to the appearance of new types of polymers and modifications to existing ones. SvetlogorskKhimvolokno Company has released on the textile yarn market about 18 types of new products. For research, the Quick Dry yarn was chosen, the main feature of which is an increased evaporation surface. This effect was achieved by physical modification of the yarn. The research work was carried out to assess the feasibility of combining the complex functional yarn Quick Dry with hydrophobic (polyester) fibers to give the combined yarn hygienic properties.

Experimental studies have been carried out on the process of a combined functional yarn on a ring spinning machine, during which rational technological modes are determined, which allow to provide the combined yarn with increased sorption properties. Comparative analysis of the absorbent properties of the combined functional yarns and conventional combined polyester yarns confirmed the feasibility of combining the Quick Dry functional yarn with hydrophobic fibers. The use of combined functional yarns of the analyzed composition for the manufacture of knitted products will improve their hygienic characteristics.

* E-mail: skobova-nv@mail.ru (N. Skobova)

ВВЕДЕНИЕ

В ходе анализа мирового рынка производства и потребления химических волокон и нитей за последние 10 лет установлено, что спрос на химические волокна возрастает ежегодно на 5 % в связи с увеличением потребности в различных отраслях (текстильной, автомобилестроение и аэрокосмической). Наиболее востребованной на рынке синтетических волокон и нитей является полиэфирная продукция: средние темпы роста спроса на полиэфирное волокно вдвое выше, чем на другие виды волокон химического происхождения. По прогнозу Textile World, мировое потребление полиэфирных волокон и нитей до 2030 г. будет непрерывно возрастать и достигнет почти 70 **млн т** (рисунок 1 а) [1, 2].

Республика Беларусь имеет развитую промышленность химических волокон и нитей. На долю страны приходится около половины общего объема производства этой продукции в СНГ, а по отдельным видам (полиэфирные волокна и нити, полиакрилонитрильные волокна, вискозная кордная ткань) Беларусь является монополистом. Мощности всех предприятий химических волокон и нитей республики составляет порядка 310 **тыс. тонн** в год. Экспорт химических волокон и нитей в 2017 году достиг 75 % внутреннего производства, так как объем их производства в 2,5–3 раза превышает потребности Беларуси [3].

Одним из ведущих производителей текстильных полиэфирных нитей в Республике Беларусь является ОАО «СветлогорскХимволокно», мощ-

ности предприятия позволяют выпускать до 40 **тыс. тонн** нитей в год (рисунок 2).

Для того чтобы отечественные производители полиэфирных волокон и нитей не потеряли востребованность своей продукции на мировом рынке (традиционные полиэфирные текстильные нити уже достаточно прочно заняли свою ассортиментную нишу), необходимо расширять существующий ассортимент продукции за счет придания традиционным видам сырья новых свойств. Наибольший интерес вызывает ассортимент «умных» нитей – это продукт, способный идентифицировать перемены окружающей среды и приспосабливаться к ним при помощи функциональных трансформаций, в частности, изменять цвет, активировать водостойкость, проявлять антибактериальные и другие специальные свойства [4]. По такому пути развивается ОАО «СветлогорскХимволокно», на сегодняшний день предприятием выпускается новый ассортимент полиэфирных текстильных нитей – функциональных: нити с повышенным капиллярным эффектом Quick Dry, нить с охлаждающим эффектом Cool Black и еще более 18 наименований.

В связи с этим представляет интерес изучение свойств нового вида нитей для выявления их отличительных характеристик от традиционного ассортимента полиэфирных нитей, особенно в комбинации с другими видами волокон.

Из разработанного ОАО «СветлогорскХимволокно» ассортимента функциональных нитей

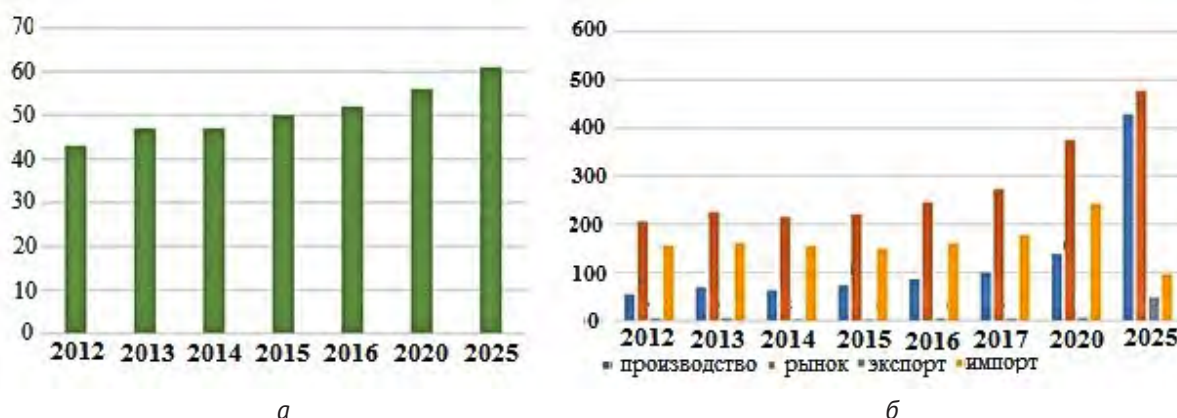


Рисунок 1 – Производство полиэфирных волокон и нитей в 2012–2025 гг., **млн т**:

а) мировое; б) в России [1]



Рисунок 2 – Производство химических волокон и нитей в разрезе организаций концерна «Беллегрпром» (млн руб.)

выбрана нить Quick Dry, главной особенностью которой является увеличенная поверхность испарения, разделение капель пота (воды) на более мелкие частицы и рассредоточение их на большей поверхности полотна (изделия), что позволяет влаге испаряться очень быстро и человеку оставаться в комфортных условиях. Физико-механические свойства нити представлены в таблице 1 [5].

Проведена работа, целью которой являлась оценка целесообразности сочетания комплексной нити Quick Dry с гидрофобными (полиэфирными) волокнами для придания комбинированной нити гигиенических свойств и выбор рациональных параметров получения комбинированной функциональной нити.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

На кафедре «Технология текстильных ма-

Таблица 1 – Физико-механические свойства функциональной нити Quick Dry

Показатели	Значение
Линейная плотность, <i>текс</i>	9,2
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	0,6
Число филаментов	48
Разрывная нагрузка абсолютная, <i>сН</i>	285
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	4,5
Разрывное удлинение, %	25
Коэффициент вариации по удлинению нити при разрыве, %	10
Относительная разрывная нагрузка, <i>сН/текс</i>	31
Линейная усадка, %	5
Массовая доля замасливателя, %	0,8

териалов» разработана технология получения комбинированных функциональных нитей по кардной системе прядения кольцевым способом формирования. В качестве исходного сырья использованы полиэфирная ровница линейной плотности 714 *текс* (характеристика волокон представлена в таблице 2) и функциональная полиэфирная нить Quick Dry линейной плотности 9,2 *текс*. Вырабатывали комбинированную функциональную нить (КФУН) линейной плотности 29 *текс* трикотажного назначения. При производстве комбинированной нити вытяжка в вытяжном приборе устанавливалась $E = 34$, обеспечивая полное покрытие стержневого компонента волокном (соотношение элементов в структуре комбинированной нити составило: 70 % обвивочный слой, 30 % стержневой [6].

Проведен двухфакторный эксперимент по D-оптимальной матрице 3^2 с двумя повторностями, целью которого являлся выбор оптимальных режимов заправки прядильной машины для получения КФУН, характеризующихся высокой степенью взаимодействия с влагой в жидком и газообразном состоянии [7, 8].

Уровни варьирования входных факторов представлены в таблице 3. В качестве входных факторов выбраны натяжение полиэфирной нити Quick Dry и крутка, сообщаемая комбинированной нити, *кр/м*.

В ходе предварительных исследований свойств полиэфирной комплексной функциональной нити установлено, что по физико-механическим свойствам она не отличается от традиционных полиэфирных комплексных нитей аналогичной линейной плотности, а повышенные капиллярные свойства нити Quick Dry проявляются благодаря физической модификации нити. Поэтому выходными параметрами выбраны сорбционные свойства комбинированной нити: гигроскопичность (ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств»), капиллярность (ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств»), поглотительная способность (ГОСТ 5556-81 «Вата медицинская гигроскопическая Технические условия»), начальная скорость аб-

Таблица 2 – Физико-механические свойства полиэфирного волокна

Параметр	Значения
Длина резки, <i>мм</i>	38,1
Линейная плотность, <i>текс</i>	0,158
Удельная разрывная нагрузка, <i>мН/текс</i>	400
Удлинение при разрыве, %	34
Количество извитков на 1 <i>см</i>	4,1
Склейки, роговидные и грубые волокна, %	0,002
Непрорезанные волокна двойной длины и более, %	0,004
Рассыпчатость	Хорошая
Влажность, %	0,4

Таблица 3 – Интервалы варьирования факторов

Параметры	Уровни варьирования		
	-1	0	+1
Натяжение комплексной нити, <i>мН</i> (X_1)	0	100	200
Крутка, <i>кр/м</i> (X_2)	490	590	690

сорбции (определяли расчетным путем). Прочностные характеристики опытных вариантов комбинированной нити удовлетворяли требованиям ТУ на данный вид продукции.

При определении капиллярности подготавливались отрезки комбинированной нити длиной 300 мм, один конец нити закреплялся в зажиме штатива, к свободному концу подвешивался груз (две стеклянные палочки). Груз погружали в раствор бихромата калия, показания снимали через 60 мин.

При анализе гигроскопических свойств подготавливали отрезки комбинированных нитей массой 10 г, помещали их в бюксах в эксикатор на 24 ч, после чего рассчитывали показатель гигроскопичности (%):

$$H = \frac{m_b - m_c}{m_c} \cdot 100, \quad (1)$$

где m_b – масса увлажненной элементарной пробы, г; m_c – масса элементарной пробы после высушивания до постоянной массы, г.

Поглотительную способность (K) в граммах вычисляли по формуле:

$$K = \frac{n \cdot 100}{m \cdot (100 - W_{\phi})}, \quad (2)$$

где n – количество воды, поглощенное воздушно-сухой навеской, г; m – масса воздушно-сухой навески после сушки, г; W_{ϕ} – фактическая влажность, %.

Начальную скорость абсорбции (г/(мм²·мин)) для каждого образца рассчитывали по формуле:

$$C_{abc} = \frac{m_2 - m_1}{S \cdot t}, \quad (3)$$

где m_1 – масса сухого образца, г; m_2 – масса образца после погружения, г; S – площадь погружаемой поверхности, мм²; t – время выдерживания образца в воде, мин (60 с).

Полученные данные эксперимента обрабатывались с помощью прикладной программы Statistica for Windows. Зависимости выходных

параметров от входных факторов описывались неполным полиномом третьего порядка.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Получены регрессионные модели зависимости выходных параметров от варьируемых факторов:

– гигроскопичности КФУН от натяжения функциональной нити Quick Dry и сообщаемой крутки:

$$Y_1 = 8,77 - 0,518 \cdot X_1 - 0,495 \cdot X_2 - 0,54 \cdot X_1 \cdot X_2; \quad (4)$$

– капиллярности КФУН от натяжения функциональной нити Quick Dry и сообщаемой крутки:

$$Y_2 = 64,16 - 4,25 \cdot X_1 - 15,33 \cdot X_2 - 5,5 \cdot X_2^2; \quad (5)$$

– поглотительной способности от натяжения функциональной полиэфирной нити и сообщаемой крутки:

$$Y_3 = 12,52 - 0,72 \cdot X_2 - 1,18 \cdot X_2^2; \quad (6)$$

– начальной скорости абсорбции от натяжения функциональной нити Quick Dry и сообщаемой крутки:

$$Y_4 = 82,5 - 20,5 \cdot X_1^2 \cdot X_2 + 12,9 \cdot X_2^2. \quad (7)$$

Для оценки статистической значимости разработанных моделей проведен дисперсионный анализ. В таблице 4 для каждого уравнения показана сумма квадратов отклонений регрессии, критерий Фишера (F -value), значение которого для всех рассмотренных моделей значительно больше табличного при уровне значимости $p < 0.05$, что указывает на достоверность разработанных моделей.

Анализ полученных моделей показывает, что наиболее влияющим фактором на гигроскопич-

Таблица 4 – Оценка значимости разработанных моделей

Эффект (<i>Effect</i>)	Сумма квадратов отклонений регрессий (<i>Sum of Squares</i>)	Критерий Фишера (<i>F-value</i>)	Уровень значимости (<i>p-value</i>)
Регрессия для модели (1)	697,69	2130,28	0,000000
Регрессия для модели (2)	34521,79	1040,86	0,000000
Регрессия для модели (3)	693,27	1856,54	0,000000
Регрессия для модели (4)	76618,02	3580,49	0,000000

ные свойства комбинированной функциональной нити является крутка, сообщаемая нити.

По полученным регрессионным моделям построены графические зависимости выбранных выходных параметров от варьируемых входных факторов.

Для выявления области рациональных решений необходимо установить ограничения на выходные параметры (свойства комбинированной функциональной нити). Показатель гигроскопичности установлен согласно СанПин 2.4.7/1.1.1286-03 – не менее 10 % (для одежды 1-го слоя). Другие анализируемые свойства (капиллярность, начальная скорость абсорбции, поглотительная способность) – не нормированные показатели, поэтому выбираем диапазон максимально возможных значений, так как эти свойства характеризуют функциональные способности комбинированной нити: капилляр-

ность – не менее 65 **мм** за 60 минут; начальная скорость абсорбции – не менее 90 **г/(мм²·мин)**; поглотительная способность – не менее 10 **г**.

Отмечается локализация области рациональных значений АВС выходных факторов в зоне близкой к максимальному значению крутки 600–680 **кр/м** и минимальному значению натяжения нити Quick Dry – от 0 до 25 **мН**.

Проведен сравнительный анализ сорбционных свойств комбинированной функциональной нити и комбинированной полиэфирной нити аналогичной линейной плотности (состав: комплексная полиэфирная нить 9,2 **текс**, волокнистая мычка – 100 % ПЭ волокно), полученной по параметрам заправки прядильной машины, рекомендуемой для комбинированной функциональной нити (рисунок 3). На рисунке 4 представлена гистограмма сорбционных свойств сравниваемых вариантов нитей. Анализ

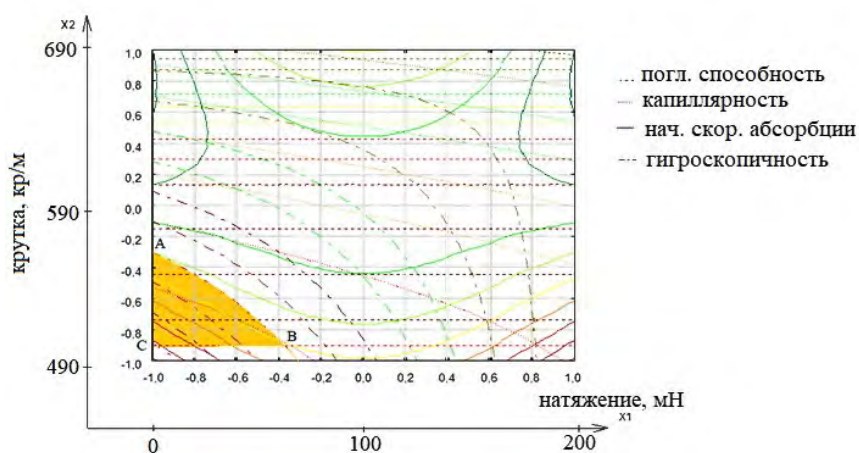


Рисунок 3 – Совмещенный график линий равного уровня для принятых показателей качества комбинированной высокоусадочной нити

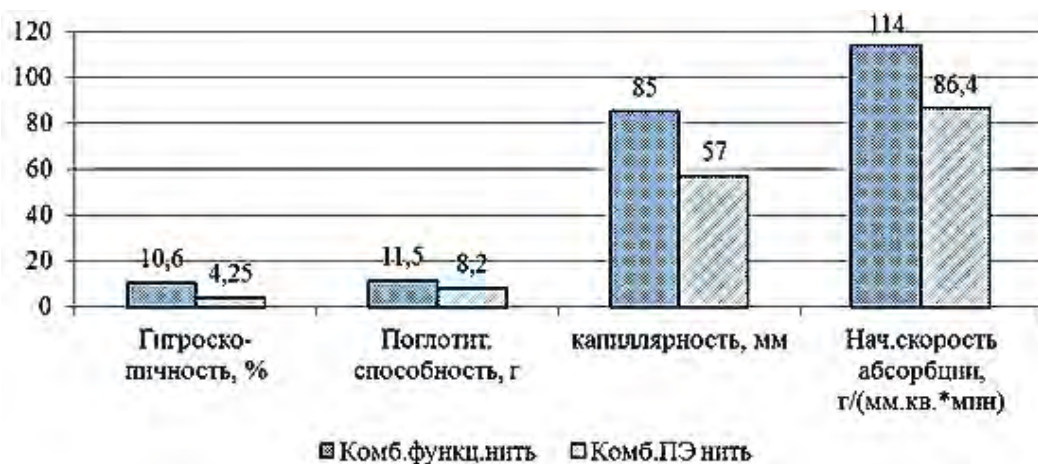


Рисунок 4 – Сравнительный анализ свойств комбинированных нитей

полученных данных показывает, что использование полиэфирной нити Quick Dry в сочетании с гидрофобным волокном существенно увеличивает (в 1,5–2 раза) сорбционные свойства комбинированной нити. Полученные результаты доказывают целесообразность сочетания нити Quick Dry с гидрофобными волокнами в структуре комбинированной нити. Применение комбинированных функциональных нитей анализируемого состава для изготовления трикотажных изделий позволит повысить гигиенические характеристики последних.

ВЫВОДЫ

В ходе планирования эксперимента получены математические модели взаимосвязи техно-

логических параметров заправки прядильной машины с сорбционными свойствами комбинированной функциональной нити: гигроскопичностью, капиллярностью, поглотительной способностью, начальной скоростью абсорбции.

В результате проведенных исследований установлены рациональные параметры заправки кольцевой прядильной машины, позволяющие обеспечить комбинированной нити повышенные сорбционные свойства. Сочетание функциональной нити Quick Dry с гидрофобными волокнами в структуре комбинированной нити позволяет получить изделия с высокими гигиеническими характеристиками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ПЛАН мероприятий («дорожная карта») по развитию подотрасли по производству искусственных и синтетических волокон и нитей на период до 2020 года, режим доступа <http://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=203501>.
2. Айзенштейн, Э. М. (2018), Отечественная промышленность химических волокон в 2017 г., *Полимерные материалы*, 2018, № 8, С. 40–46.

REFERENCES

1. PLAN meroprijatij («dorozhnaja karta») po razvitiju podotrasli po proizvodstvu iskusstvennyh i sinteticheskikh volokon i nitej na period do 2020 goda [ACTION PLAN (Roadmap) for development of sub-sector for production of artificial and synthetic fibres and threads for the period up to 2020], access mode: <http://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=203501>.

3. Сипач, О. Н. (2016), Белорусский рынок химических волокон и нитей: состояние проблемы развития, *Экономический бюллетень Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь*, 2016, № 5, С. 36–45.
4. Соколов, Л. Е. (2019), *Инновационные текстильные материалы и технологии*, Витебск, 141 с.
5. Официальный сайт ОАО «СветлогорскХимволокно», режим доступа: <http://www.sohim.by/produktsiya/poliefirnye-niti/funktsionalnye/bystrosokhnushchie-quick-dry/>.
6. Куландин, А. С., Коган, А. Г. (2018), Технология получения комбинированных высокообъемных нитей с использованием токов СВЧ, *Материалы докладов 51-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной Году науки*, Витебск, 2018, т. 2, С. 259–260.
7. Косолян, Е. Ш., Скобова, Н. В. (2019), Исследование гигроскопических свойств трикотажных полотен из функциональных полиэфирных нитей, *Сборник материалов всероссийской (с международным участием) молодежной научно-технической конференции «Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы» (ПОИСК – 2019)*, Иваново, 2019, ч. 2, С. 11–13.
8. Скобова, Н. В., Косолян, Е. Ш. (2019), Исследование влагопоглощающих свойств трикотажных полотен из функциональной нити Quick Dry. *Материалы докладов 52-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*, Витебск, 2019, т. 2, С. 262–264.
2. Aisenstein, E. M. (2018), Domestic chemical fiber industry in 2017 [Otechestvennaja promyshlennost' himicheskikh volokon v 2017 g.], *Polimernye materialy – Polymer materials*, 2018, № 8, pp. 40–46.
3. Sipach, O. N. (2017), Belarusian market of chemical fibers and threads: state of the development problem [Belorusskij rynok himicheskikh volokon i nitej: sostojanie problemy razvitiya], *Economic Bulletin of the Research Economic Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus – Jekonomicheskij bjulleten' Nauchno-issledovatel'skogo jekonomicheskogo instituta Ministerstva jekonomiki Respubliki Belarus'*, 2017, № 5, pp. 36–45.
4. Sokolov, L. E. (2019), *Innovacionnye tekstil'nye materialy i tehnologii* [Innovative textile materials and technologies], Vitebsk, 141 p.
5. Oficial'nyj sajt ОАО «SvetlogorskHimvolokno» [Website of OJSC "SvetlogorskKhimvolokno"], access mode: <http://www.sohim.by/produktsiya/poliefirnye-niti/funktsionalnye/bystrosokhnushchie-quick-dry/>.
6. Kulandin, A. S., Kogan, A. G. (2018), Technology for producing combined high-volume filaments using microwave currents [Tehnologija polucheniya kombinirovannyh vysokoobemnyh nitej s ispol'zovaniem tokov SVCh], *Proceedings of the 51st International scientific and technical conference of teachers and students dedicated to the Year of Science*, Vitebsk, 2018, Part 2, pp. 259–260.
7. Kosoyan, E. Sh., Skobova, N. V. (2019), Study of the hygroscopic properties of knitted fabrics of functional polyester thread [Issledovanie gigroskopicheskikh svojstv trikotazhnyh poloten iz funkcional'nyh polijefirnyh nitej], *Proceedings of the All-Russian (with international participation) youth scientific and technical conference "Young Scientists – to the Development of the National Technological Initiative" (SEARCH – 2019)*, Ivanovo, 2019, Part 2, pp. 11–13.

8. Skobova, N. V., Kosoyan, E. Sh. (2019), The study of the moisture-absorbing properties of knitted fabrics from the functional thread Quick Dry [Issledovanie vlagopogloshhajushhih svojstv trikotazhnyh poloten iz funkcional'noj niti Quick Dry] *Proceedings of the 52st International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students*, Vitebsk, 2019, v. 2, P. 262–264.

Статья поступила в редакцию 11. 12. 2019 г.

РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ТРИКОТАЖНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ МАСОК

DEVELOPMENT OF A PERSPECTIVE STRUCTURE OF KNITTED MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF MEDICAL MASKS

УДК 677.025:687.03

А.В. Чарковский¹, В.И. Береснев²,

Д.И. Быковский^{1*}

¹ Витебский государственный технологический университет

² ОАО «Світанак»

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13813>

A. Charkovskij^{1*}, V. Beresnev²,

D. Bykouski^{1*}

¹ Vitebsk State Technological University

² JSC «Svitanak»

РЕФЕРАТ

МЕДИЦИНСКИЕ МАСКИ, ПОЛИЭФИРНАЯ НИТЬ, СВЕТЛОГОРСКИХИМВОЛОКНО, СВОЙСТВА ТРИКОТАЖА, МУЛЬТИФИЛАМЕНТНАЯ НИТЬ, НАТУРАЛЬНЫЕ ВОЛОКНА

Предметом исследований является материал, используемый для изготовления медицинских масок. Цель работы – разработка перспективной структуры трикотажа для изготовления медицинских масок с повышенными гигиеническими свойствами с учетом использования сырьевого потенциала Республики Беларусь. Область применения результатов работы – трикотажное производство. Показана перспективность использования кулирного одинарного трикотажа футерованных переплетений для изготовления масок с повышенными гигиеническими свойствами. Целесообразно проведение исследований, направленных на использование новых функциональных полиэфирных нитей производства «СветлогорскХимволокно» для изготовления трикотажных материалов для медицинских масок, в первую очередь, типа I. В производстве масок с улучшенными гигиеническими свойствами целесообразно использование современных технологий бельевых и спортивных изделий.

ABSTRACT

MEDICAL MASKS, POLYESTER YARN, SVETLOGORSKHHIMVOLOKNO, HYGIENIC PROPERTIES, MULTIFILAMENT THREAD, NATURAL FIBERS

The subject of research is the material used for the manufacture of medical masks.

The choice of material for the manufacture of medical masks should not be random. It should be scientifically reasonable. Belarus produces enough raw materials for the manufacture of textile materials for medical masks of proper quality. It is advisable to conduct research aimed at using functional polyester yarns manufactured by SvetlogorskKhimvolokno Enterprise for the manufacture of knitted materials for medical masks. In the production of masks with improved hygienic properties, it is advisable to use modern technologies of linen and sports clothing.

При дыхании, разговоре, кашле, чихании и так далее у человека выделяется то или иное количество капельных частиц из слизистых оболочек ротовой и носовой полости. Большинство частиц имеют размер от 0,5 до 12 *мкм* в диаметре,

крупные капли могут содержать микроорганизмы источника [1].

Согласно ГОСТ Р 58396-2019 «Маски медицинские. Требования и методы испытаний», медицинская маска представляет собой изделие,

* E-mail: denisbykouskij@yandex.ru (D. Bykouski)

закрывающее нос и рот и обеспечивающее барьер для минимизации прямой передачи инфекционных агентов между персоналом и пациентом.

Медицинские маски, описанные в данном стандарте, подразделяют на два типа (тип I и тип II) в зависимости от эффективности бактериальной фильтрации. Как минимум, маски типа I используют для пациентов для снижения риска распространения инфекции, особенно при эпидемиях и пандемиях. Маски типа II преимущественно используют профессионалы в области здравоохранения в операционных и иных медицинских помещениях с аналогичными требованиями.

К основным функциональным характеристикам медицинских масок относятся:

- эффективность бактериальной фильтрации (эффективность материалов медицинской маски как барьера для проникновения бактерий);
- дифференциальное давление (воздухопроницаемость маски, измеренная путем определения разницы в давлении воздуха на внутренней и внешней стороне маски при определенных параметрах воздушного потока, температуры и влажности);
- колониеобразующая единица, КОЕ (единица измерения количества культивируемых микроорганизмов);
- микробиологическая чистота (отсутствие популяций жизнеспособных микроорганизмов на продукте и/или упаковке);
- биосовместимость (токсикологические характеристики).

Кроме вышеперечисленных характеристик важным учитываемым фактором является способность маски поглощать влагу из выдыхаемого воздуха и передавать ее в окружающую среду. Благодаря этим процессам поддерживаются функциональные характеристики маски в течение более длительного периода. По сути, медицинская маска должна обладать повышенными гигиеническими свойствами для обеспечения комфорта использования ее в течение длительного времени.

Еще одним учитываемым фактором является степень прилегания маски к лицу пользователя. Этот фактор в основном определяется конструкцией маски.

Все перечисленные функциональные свойства и учитываемые факторы зависят от выбора материала для изготовления маски.

В период эпидемии и особенно пандемии даже такой сравнительно небольшой стране, как Республика Беларусь, требуются десятки, а то и сотни миллионов медицинских масок, в основном масок типа I, для изготовления которых расходуется огромное количество текстильных материалов. Некоторые из них в РБ не производятся, а импортируются в страну и являются в мире остро востребованными, например, хлопчатобумажная пряжа. Резкое возрастание производства защитных масок привело к дефициту медицинской хлопчатобумажной марли, часто используемой для изготовления маски.

Целью данной работы является разработка перспективной структуры трикотажа для изготовления медицинских масок с повышенными гигиеническими свойствами с учетом использования сырьевого потенциала Республики Беларусь.

В РБ существуют большие мощности по производству синтетических полиэфирных нитей. Полиэфирные нити обладают отличной биологической совместимостью и часто используются для различных изделий, имплантируемых в организм [2, 3, 4].

Полиэфирные нити нового поколения – мультифиламентные, разработанные на предприятии «СветлогорскХимволокно» [5, 6, 7, 8, 9], благодаря большому количеству составляющих нить филаментов могут использоваться для резкого улучшения такой важной характеристики масок, как «эффективность бактериальной фильтрации» [10]. Эти же свойства мультифиламентных нитей позволяют легко достигать и поддерживать в требуемых значениях другую важную функциональную характеристику масок – «дифференциальное давление» [11].

Предприятие «СветлогорскХимволокно» способно производить специальные полиэфирные нити – с антимикробным эффектом. Эти нити могут быть перспективными для формирования такой функциональной характеристики масок, как «микробиологическая чистота» [7].

В последнее время в связи с необходимостью резкого увеличения производства масок для внутреннего потребления в РБ и возможного экспорта, на выпуск масок перепрофилируют

ся некоторые предприятия концерна «Беллегпром».

Среди них и крупнейшее в РБ предприятие по выпуску бельевых изделий – ОАО «Свитанак», г. Жодино. На этом предприятии накоплен большой опыт по изготовлению гибридного трикотажа, целенаправленно сочетающего в себе свойства полиэфирных нитей, с одной стороны, и натуральных волокон (хлопчатобумажная пряжа) – с другой, для изготовления бельевых и спортивных трикотажных изделий с повышенными гигиеническими свойствами [12].

Суть достигнутого эффекта в том, что в трикотаже формируются 2 слоя. Внутренний, прилегающий к коже, слой состоит из гидрофобных (не впитывающих влагу) полиэфирных мультифиламентных нитей. Эти нити с большим числом филаментов, не впитывая пот, передают его во внешний испаряющий слой, сформированный из гидрофильных волокон – например, из хлопчатобумажной пряжи. С внешнего, испаряющего слоя пот испаряется в окружающий воздух. Таким образом создается эффект «сухости белья» в условиях повышенного потоотделения. Вышеописанный эффект может быть отлично использован для повышения способности маски поглощать влагу из выдыхаемого воздуха и передавать ее в окружающую среду.

Свойства трикотажа в определенной степени зависят от вида переплетения. Перспективным для изготовления масок с повышенными гигиеническими свойствами является трикотаж футерованных переплетений. На рисунке 1 представлена схема структуры кулирного одинарного трикотажа футерованного переплетения.

Грунт трикотажа образован петлями 1 кулирной глади. В петельный грунт вязаны футерные нити 2, образуя протяжки 3, свободно расположенные на поверхности трикотажа. Футерные протяжки 3, свободно расположенные на поверхности трикотажа, способны перекрывать в той или иной степени имеющиеся в трикотаже межпетельные и внутриветельные просветы (поры), что является фактором достижения важнейшей характеристики медицинской маски – «эффективность бактериальной фильтрации». На рисунке 2 приведено увеличенное изображение изнаночной поверхности образца трикотажа кулирного одинарного футерованного переплетения.

Футерные протяжки 1 закрывают петли грунта и в совокупности образуют сравнительно плотный застил на поверхности трикотажа. Анализ изображения этого же образца трикотажа в проходящем свете (рисунок 3) показывает наличие значительного числа сквозных отверстий.

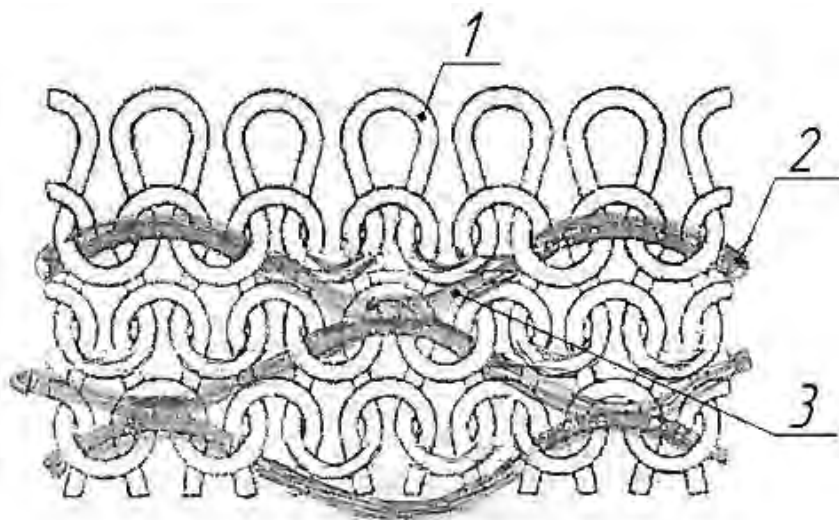


Рисунок 1 – Схема структуры кулирного одинарного трикотажа футерованного переплетения

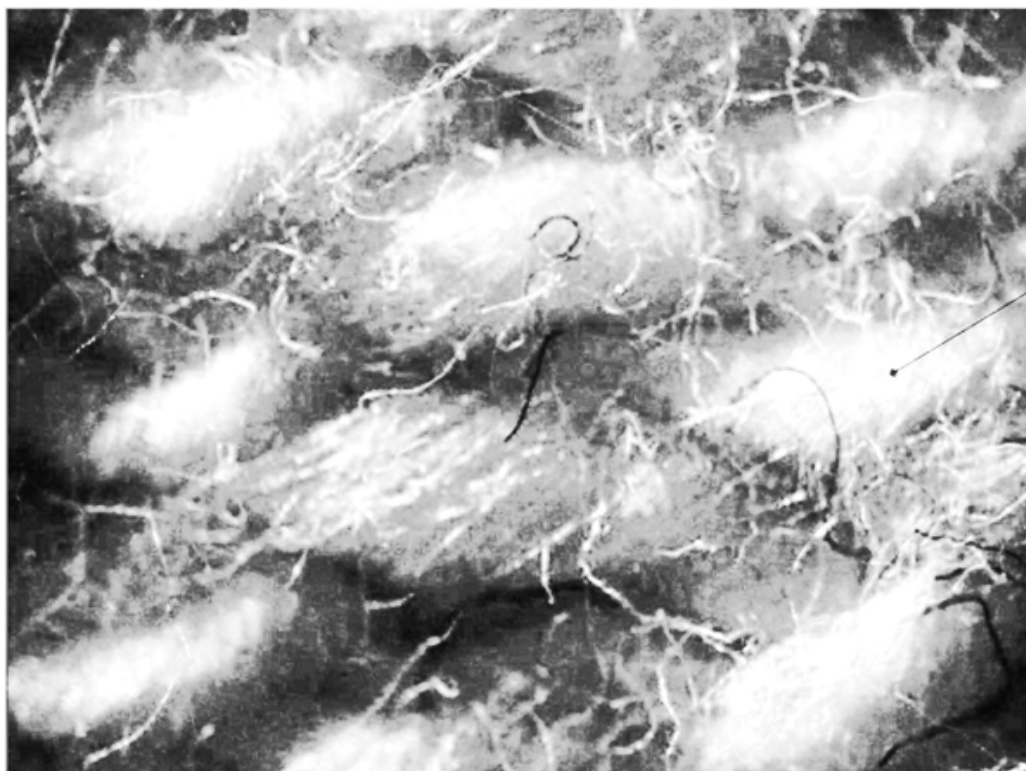


Рисунок 2 – Увеличенное изображение изнаночной стороны образца трикотажа кулирного одинарного футерованного переплетения

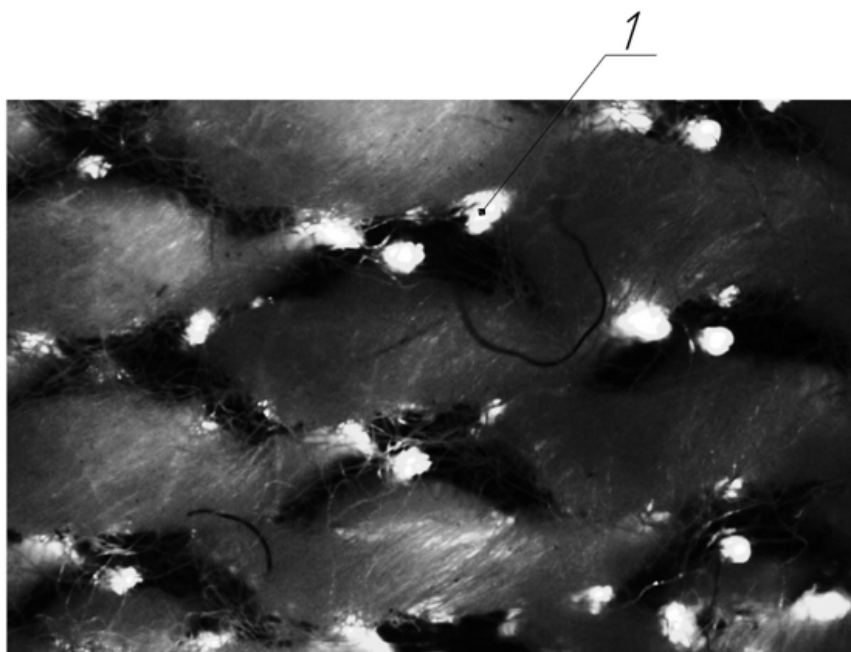


Рисунок 3 – Изображение в проходящем свете образца трикотажа с неразворсованной поверхностью

Для уменьшения величины и количества отверстий могут быть использованы два пути:

1. Увеличение толщины используемых футерных нитей.

2. Ворсование поверхности той стороны трикотажа, на которой расположены футерные протяжки.

Первый путь не всегда может привести к желаемому результату, так как есть определенные ограничения, связанные с используемым вязальным оборудованием. Второй путь предпочтительнее.

На рисунке 4 представлена фотография разворсованной поверхности образца трикотажа.

На поверхности трикотажа плотный, равномерный застил из волокон 1 разворсованных футерных протяжек. Сравнительное рассмотрение рисунков 5 и 3 показывает, что количество и размер отверстий в разворсованном трикотаже (рисунок 5) уменьшились. В случае необходимости дальнейшего уменьшения отверстий (пор) в трикотаже увеличивают степень разворсовки футерных протяжек вплоть до полного исчезновения сквозных пор. При этом необходимая воздухопроницаемость обеспечивается наличием

большого количества несквозных пор в объемном ворсовом застиле.

Формирование структуры трикотажа без или же с небольшим наличием сквозных пор может обеспечить использование текстурированных мультифиламентных нитей. На рисунке 6 изображена схема структуры кулирного одинарного трикотажа футерованного переплетения с футерными текстурированными мультифиламентными нитями.

Свободно расположенные увеличенные протяжки 1 из извитых мультифиламентных нитей способны создать равномерный ворсовый слой на поверхности трикотажа без сквозных отверстий. Этот слой обладает мощным влагоиспаряющим действием из-за наличия в его объеме большого числа элементарных волокон, по поверхности которых благодаря капиллярным свойствам и происходит «отсос» влаги из другого петельного слоя трикотажа, обращенного к коже лица.

Таким образом, маски могут сохранять свои функциональные характеристики в течение очень длительного периода времени с комфортом для пользователя.

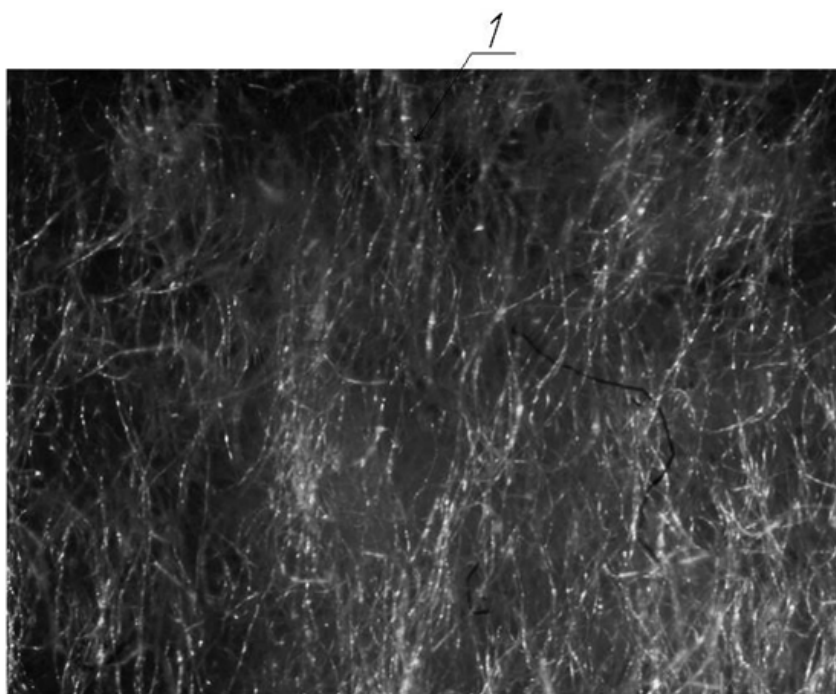


Рисунок 4 – Изображение разворсованной поверхности образца трикотажа

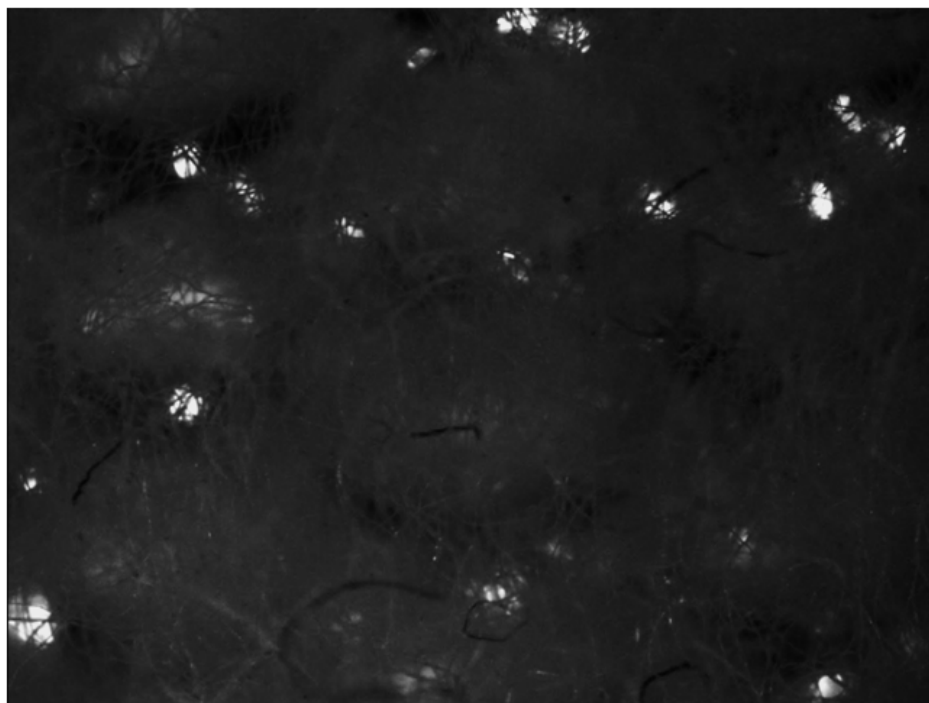


Рисунок 5 – Изображение в проходящем свете образца трикотажа с разворсванной поверхностью

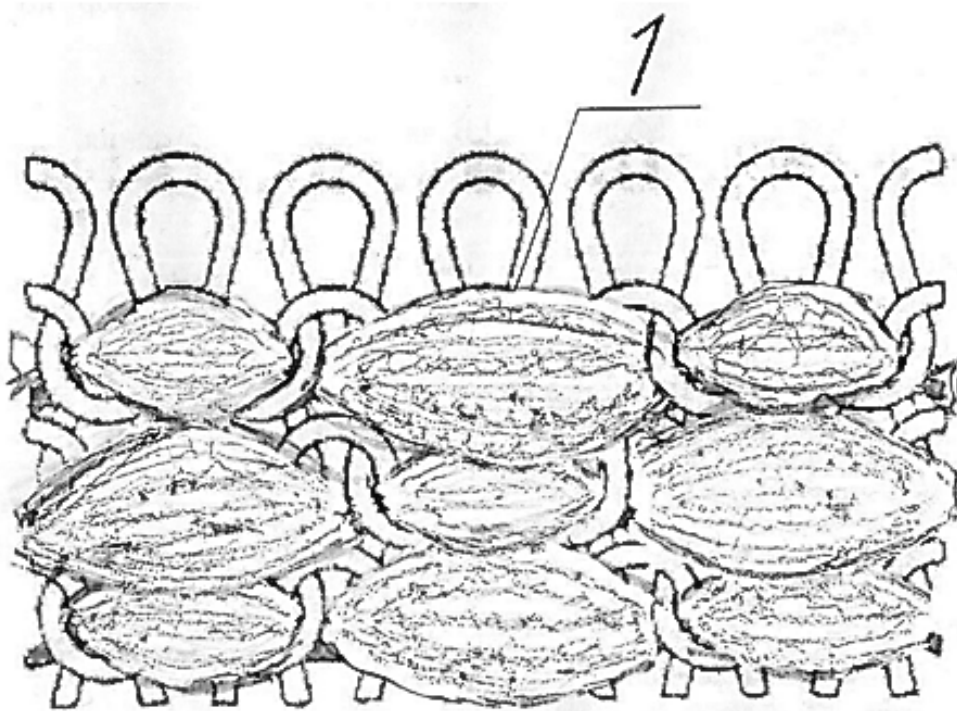


Рисунок 6 – Схема структуры кулирного одинарного трикотажа футерованного переплетения с футерными текстурированными мультифиламентными нитями

И наконец, использование полиэфирных нитей отечественного производства позволит повысить степень прилегания маски к лицу пользователя. Для этого в процессе изготовления можно формировать рельеф маски, приближенный к рельефу лица, способами термофиксации формы. Эти способы широко используются в производстве чулочных изделий из синтетических термопластичных нитей, какими и являются полиэфирные.

ВЫВОДЫ

Показана перспективность использования кулирного одинарного трикотажа футерованных

переплетений для изготовления масок с повышенными гигиеническими свойствами. Целесообразно проведение исследований, направленных на использование новых функциональных полиэфирных нитей производства «Светлогорск Химволокно» для изготовления трикотажных материалов для медицинских масок, в первую очередь, типа I. В производстве масок с улучшенными гигиеническими свойствами целесообразно использование современных технологий бельевых и спортивных изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 58396-2019. *Маски медицинские. Требования и методы испытаний. Издание официальное*, Москва, Стандартинформ, 2019.
2. Протезы для кровеносных сосудов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ptgo-sever.spb.ru/raskhodnye-materialy-dlya-sosudistoy-khirurgii/protezy-dlya-krovenosnyh-sosudov/>, дата доступа: 29.03.2020 г.
3. Протезы сосудов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bntu.by/ps/item/ps.html>, дата доступа: 29.03.2020 г.
4. Искусственный кровеносный сосуд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edrid.ru/en/rid/218.016.530c.html>, дата доступа: 29.03.2020 г.
5. Скобова, Н. В., Косоян, Е. Ш., Ясинская, Н. Н. (2018), Расширение ассортимента полиэфирных нитей, *Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной конференции*, Витебск, 2018, С. 76–79.
6. Что такое мультифиламентная нить? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://evrazia2000.ru/stati/chto_takoe_multifilamentnaya_

REFERENCES

1. GOST R 58396-2019. *Medical masks. Requirements and test methods. Official Edition*, Moscow, Standartinform, 2019.
2. Protezy dlya krovenosnyh sosudov [Blood vessel prostheses], (2020), available at: <http://ptgo-sever.spb.ru/raskhodnye-materialy-dlya-sosudistoy-khirurgii/protezy-dlya-krovenosnyh-sosudov/> (accessed 29 March 2020).
3. Protezy sosudov [Vascular prostheses], (2020), available at: <http://www.bntu.by/ps/item/ps.html> (accessed 29 March 2020).
4. Iskusstvennyj krovenosnyj sosud [Artificial blood vessel], (2020), available at: <https://edrid.ru/en/rid/218.016.530c.html> (accessed 29 March 2020).
5. Skobova, N. V., Kosojan, E. Sh., Jasinskaja, N. N. (2018), Expansion of the assortment of polyester yarns [Rasshirenie assortimenta polijefirnyh nitej], *Innovative technologies in textile, shoe, knitwear and clothing industry, Proceedings of Scientific-and-Technical Conference dedicated to the year of science*, Vitebsk, 2018, pp. 76–79.
6. Chto takoe mul'tifilamentnaja nit'? [What is a multifilament thread?], (2020), available at: http://evrazia2000.ru/stati/chto_takoe_multi

nit//, дата доступа: 29.03.2020 г.

7. Полиэфирные текстурированные мультифиламентные неокрашенные и крашенные в массе нити [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sohim.by/produksiya/poliefirnye-niti/multifilamentnye-i-okrashennye-v-masse/>, дата доступа: 29.03.2020 г.
8. Полиэфирные нити текстильные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://export.by/product/7926>, дата доступа: 29.03.2020 г.
9. Полиэфирная нить: ее свойства и применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fitex.ru/articles/poliefirnaya_nit_ee_svoystva_i_primenenie/, дата доступа: 29.03.2020 г.
10. Чарковский, А. В., Шевеленко, Н. Г. (2017), Использование мультифиламентных нитей для изготовления фильтровальных материалов, *Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной году науки*, Витебск, 2017, С. 90–92.
11. Чарковский, А. В., Гончаров, В. А., Береснев, В. И. (2018), Разработка высокообъемного трикотажа с использованием мультифиламентных нитей, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2018, № 1 (34), С. 79–87.
12. Кузнецов, А. А., Чарковский, А. В., Гончаров, В. А., Береснев, В. И. (2019), Использование 3D-моделей для разработки трикотажа, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2019, № 1 (36), С. 54–67.

filamentnaya_nit/ (accessed 29 March 2020).

7. Polijefirnye teksturovanye mul'tifilamentnye neokrashennye i krashenye v masse niti [Polyester textured multifilament unpainted and painted], (2020), available at: <http://www.sohim.by/produksiya/poliefirnye-niti/multifilamentnye-i-okrashennye-v-masse/> (accessed 29 March 2020).
8. Polijefirnye niti tekstil'nye [Polyester textile yarns], (2020), available at: <https://export.by/product/7926> (accessed 29 March 2020).
9. Polijefirnaja nit': ee svoystva i primenenie [Polyester thread: its properties and use], (2020), available at: https://www.fitex.ru/articles/poliefirnaya_nit_ee_svoystva_i_primenenie/ (accessed 29 March 2020).
10. Charkovskij, A. V., Shevelenko, N. G. (2017), The use of multifilament yarns for the manufacture of filter materials [Ispol'zovanie mul'tifilamentnyh nitej dlja izgotovlenija fil'troval'nyh materialov], *Innovatiye technologies in textile, shoe, knitwear and clothing industry, Proceedings of Scientific and Technical Conference dedicated to the year of science*, Vitebsk, 2017, pp. 90–92.
11. Charkovskij, A. V., Goncharov, V. A., Beresnev, V. I. (2018), Development of high-volume knitwear using multifilament yarns [Razrabotka vysokoobemnogo trikotazha s ispol'zovaniem mul'tifilamentnyh nitej], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2018, № 1 (34), pp. 79–87.
12. Kuznecov, A. A., Charkovskij, A. V., Goncharov, V. A., Beresnev, V. I. (2019), Using 3D-models to design knitwear [Ispol'zovanie 3D-modelej dlja razrabotki trikotazha], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2019, № 1 (36), pp. 54–67.

Статья поступила в редакцию 14. 05. 2020 г.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ОДИНАРНОГО КУЛИРНОГО ГИБРИДНОГО ТРИКОТАЖА ПЛАТИРОВАННЫХ ПЕРЕКИДНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ

FEATURES OF STRUCTURE FORMATION OF SINGLE HYBRID PLATED FLOAT STITCH JERSEY KNIT

УДК 677.025.1:687

**А.В. Чарковский¹, Д.И. Быковский^{1*},
В.А. Гончаров²**

¹ Витебский государственный технологический университет

² ОАО «Алеся»

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13814>

**A. Charkovskij^{1*}, D. Bykouski^{1*},
V. Goncharov²**

¹ Vitebsk State Technological University

² JSC «Alesja»

РЕФЕРАТ

ГИБРИДНЫЙ ТРИКОТАЖ, ПЛАТИРОВАННОЕ ПЕРЕКИДНОЕ ПЕРЕПЛЕТЕНИЕ, ТОЛЩИНА НИТЕЙ, НИТЬ, ФОРМА ПЕТЕЛЬ, 3D-МОДЕЛИ, РАЗМЕР ПЕТЕЛЬ

Предметом исследований является влияние толщины нитей в двухслойном трикотаже на форму петель.

В ходе работы проанализированы образцы гибридного трикотажа платированного перекидного переплетения с нитями разной толщины и образцы трикотажа платированного перекидного переплетения с нитями одинаковой толщины. Спроектированы трехмерные модели данных образцов.

Трикотаж, образованный из нитей одинакового вида, имеет одинаковые петли и равномерную структуру. Использование для вязания трикотажа нитей с различающимися свойствами (гибридного) приводит к изменению размера и формы петель, образованных этими различными нитями – различие размеров и форм петель тем больше, чем больше различие в свойствах нитей. Полученные 3D-модели наглядно демонстрируют степень влияния свойств нитей на структуру трикотажа.

ABSTRACT

HYBRID KNITWEAR, PLATED FLOAT STITCH KNIT, THICKNESS OF THE THREADS, THREAD, SHAPE OF THE LOOPS, 3D-MODELS, SIZE OF THE LOOPS

The subject of research is the influence of the thickness of the threads on the shape of the loops in two-layer knitwear.

In the course of the work, samples of hybrid knitted cross-over knitwear with threads of different thicknesses and samples of knitted cross-over knitwear with threads of the same thickness were analyzed. Three-dimensional models of these samples were designed.

Knitwear made from threads of the same kind has the same loops and uniform structure. The use of threads with different properties for a knitwear leads to a changes in the size and shape of the loops formed by these different threads i.e the greater the difference in size and shape of the loops, the greater the difference in the properties of the threads. The obtained 3D-models clearly demonstrate the degree of influence of the properties of the threads on the structure of knitwear.

Целью работы является исследование особенностей структурообразования одинарного кулирного гибридного трикотажа платированных перекидных переплетений, связанного из различных по свойствам нитей.

Платированные переплетения находят широкое применение в производстве трикотажных изделий [1]. Переплетение является важнейшей структурной характеристикой трикотажа. Внешний вид, толщина, поверхностная плотность, рас-

* E-mail: denisbykouskij@yandex.ru (D. Bykouski)

тяжимость, упругость, прочность, распускаемость, воздухопроницаемость, теплозащитные и другие свойства во многом определяются переплетением трикотажа. В свою очередь переплетение трикотажа представляет совокупность элементов петельной структуры, соединенных в определенной последовательности. Трикотаж перекидных платированных переплетений содержит два элемента петельной структуры: петли и увеличенные протяжки. Элементы структуры трикотажа одного и того же переплетения могут быть изготовлены из одинаковых нитей или же из разных по видам и свойствам (гибридный трикотаж).

В данной работе рассматривается изменение характеристик элементов структуры трикотажа одного и того же перекидного платированного переплетения в зависимости от вида используемых для вязания нитей (рисунок 1).

На рисунке 2 изображена схема структуры одинарного кулирного трикотажа перекидного платированного переплетения из одинаковых нитей. Элементами структуры являются петли **Г** из грунтовой и **П** из покровной нитей, а также увеличенные протяжки **ПР**. Петли **Г** и **П** одинаковы по размеру и форме, благодаря этому структура трикотажа достаточно равномерная [2].

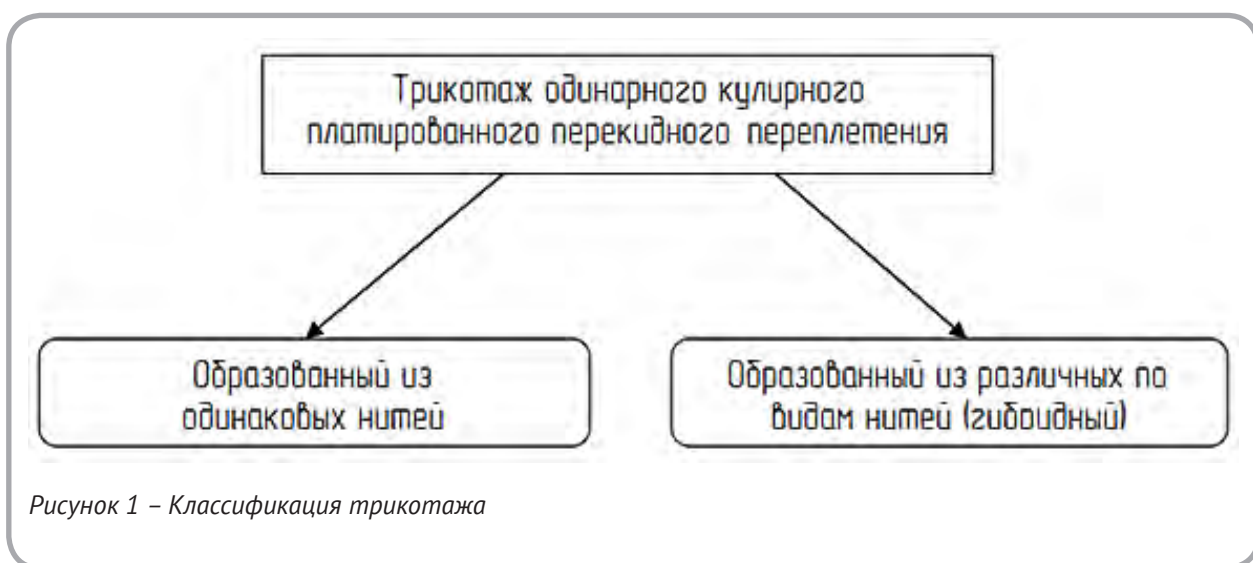


Рисунок 1 – Классификация трикотажа

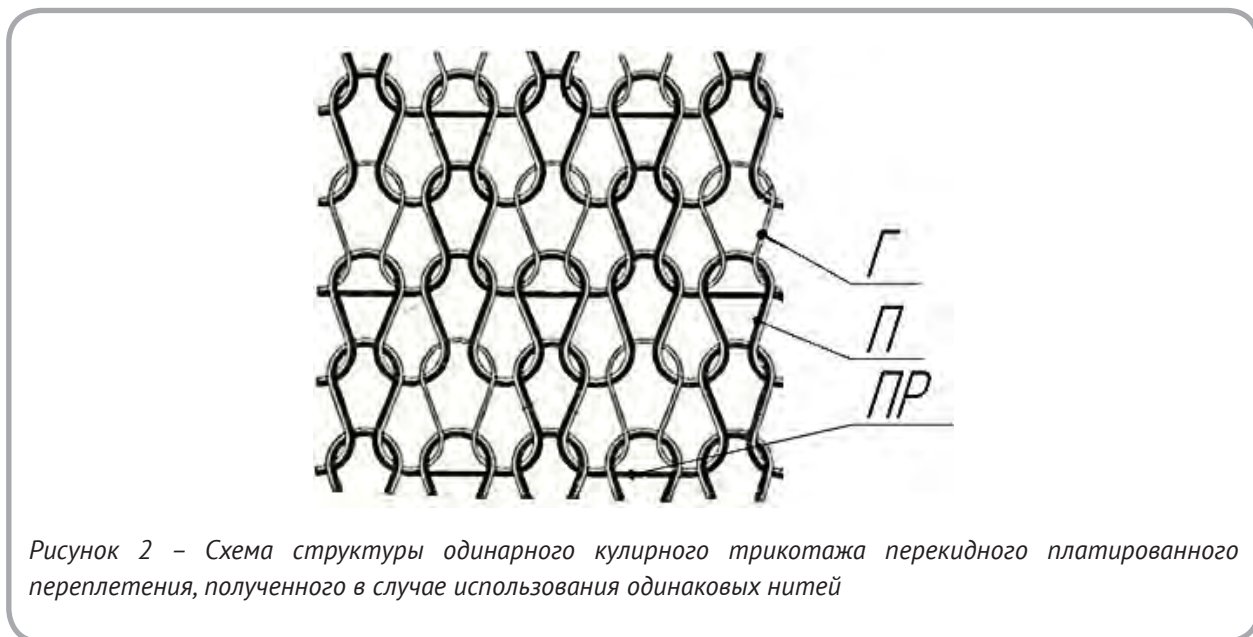


Рисунок 2 – Схема структуры одинарного кулирного трикотажа перекидного платированного переплетения, полученного в случае использования одинаковых нитей

Элементы структуры в гибридном трикотаже образуются из разных по видам нитей. На рисунке 3 приведены увеличенные обозначения структуры: а – лицевой стороны, б – изнаночной стороны одинарного кулирного гибридного трикотажа платированного перекидного переплетения, полученного из разных видов нитей. Визуализация образца трикотажа выполнена в соответствии с методиками [2, 3, 4]. В качестве грунтовой взята комплексная полиэфирная нить линейной плотностью 7,2 *текс*, а в качестве покровной – вискозная пряжа линейной плотностью 10х2 *текс* х2. Несмотря на то, что переплетение этого трикотажа одинаково

с переплетением предыдущего варианта (рисунок 2), здесь присутствуют петли различного размера и формы – из грунтовой нити петли Γ_1 , Γ_2 , из покровной нити петли Π_1 , Π_2 . Петли Γ_1 , Γ_2 из одной тонкой нити сильно деформированы платированными петлями, состоящими из двух грунтовых и платировочных нитей, суммарная линейная плотность которых почти в шесть раз больше линейной плотности грунтовых нитей. Из-за изменения формы и размера петель Γ_2 в трикотаже образуются отверстия O (рисунок 3 б), имитирующие ажурный рисунок. Изменения размеров и формы структурных элементов приводят к изменению не только внешнего вида, но

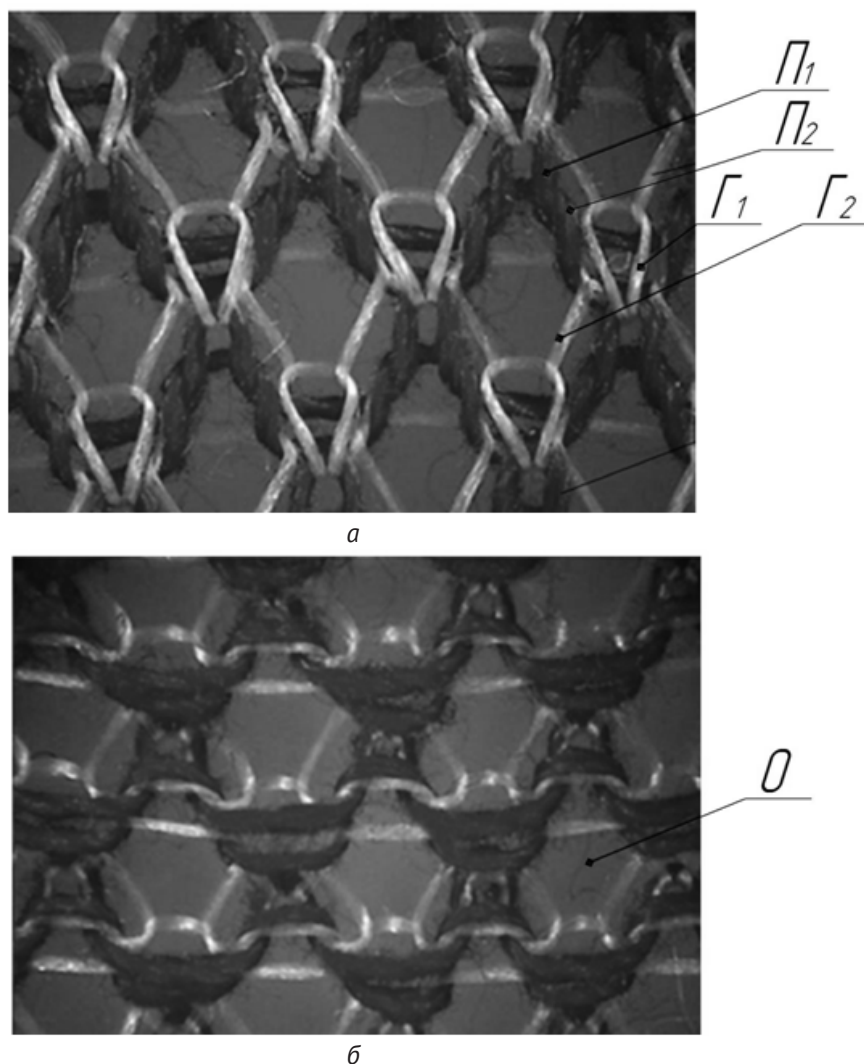


Рисунок 3 – Увеличенное изображение структуры образца кулирного гибридного трикотажа перекидного платированного переплетения из разных видов нитей: а – лицевая сторона; б – изнаночная сторона

и других свойств трикотажа [1, 5].

На рисунке 4 приведено увеличенное изображение структуры кулирного гибридного трикотажа перекидного платированного переплетения, полученного с использованием разных видов полиэфирных нитей: грунтовая нить в виде эластомерной нити линейной плотностью 2,2 *текс*, оплетенная полиэфирной нитью линейной плотностью 8,4 *текс*, а платировочная – полиэфирная мультифиламентная нить линейной плотностью 16,7 *текс* с числом филаментов $f = 288$.

В данном случае использование различных по толщине нитей для образования грунтовых и покровных петель, так же как и в предыдущем варианте, приводит к деформации грунтовых Γ и покровных Π петель (рисунок 4), однако степень изменения значительно меньше. Это можно объяснить тем, что разница в толщине грунтовых и платированных нитей меньше.

3D-модели структуры трикотажа являются новым цифровым инструментом, позволяющим лучше исследовать характеристики элементов петельной структуры и их взаимодействие [6]. Нами выполнено 3D-моделирование трикотажа с равномерной структурой, образованного из нитей с одинаковыми свойствами (рисунок 2) и

гибридного трикотажа, образованного из резко отличающихся по свойствам нитей (рисунок 3).

Для разработки 3D-моделей используются программы [7, 8], основанные на использовании дифференциальной и аналитической геометрии, вариационного исчисления, топологии и разделов вычислительной математики [9]. Нами для создания 3D-моделей применялась полнофункциональная профессиональная программная система для создания и редактирования трёхмерной графики и анимации – Autodesk 3Ds Max [10]. Полученные в результате модели представлены на рисунках. Они наглядно демонстрируют степень влияния свойств нитей на структуру кулирного гибридного трикотажа перекидных платированных переплетений.

Размер и форма грунтовых Γ и платированных Π петель в случае использования нитей с одинаковыми свойствами (рисунок 5) одинаковы, и, в общем, структура трикотажа равномерная.

В структуре трикотажа с резко различающимися свойствами (толщина нитей, образующих петли Γ_1, Γ_2 , почти в шесть раз меньше суммарной толщины нитей, образующих платированные петли Π_1, Π_2) (рисунок 6) присутствуют петли, резко отличающиеся размерами и формой.

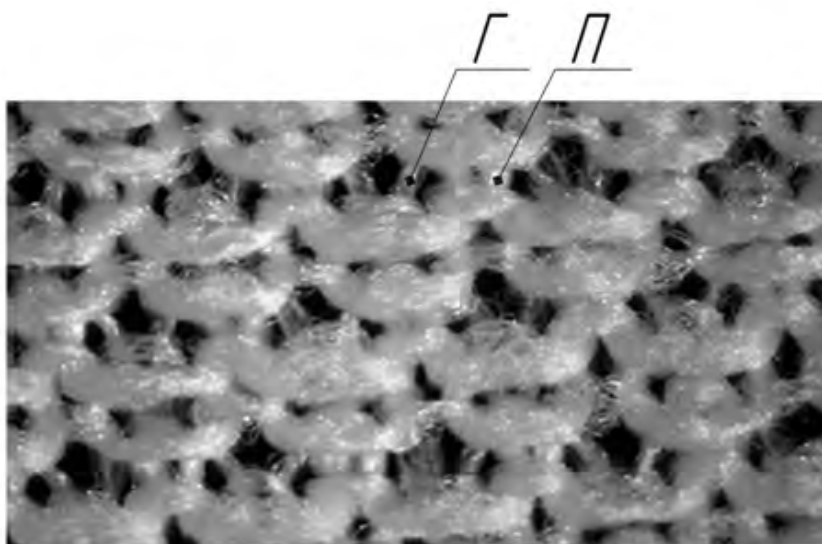
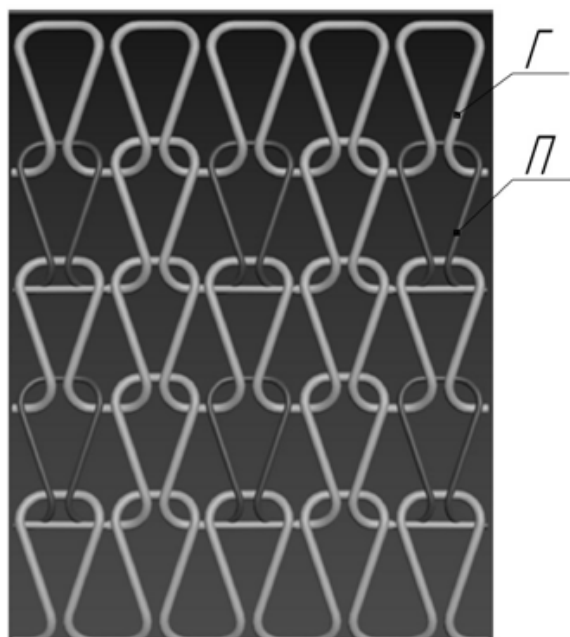
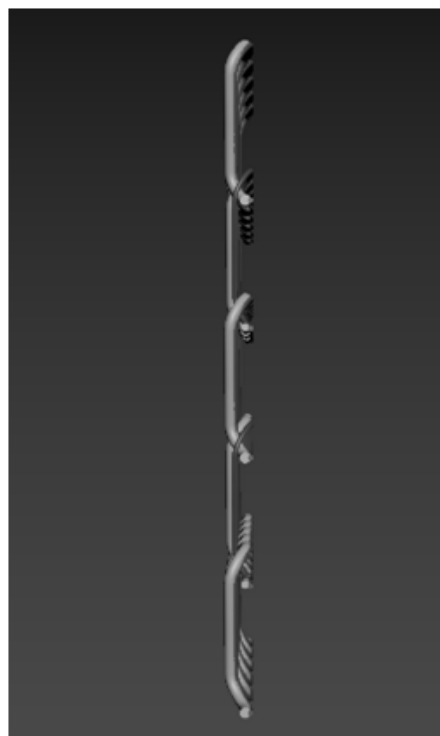


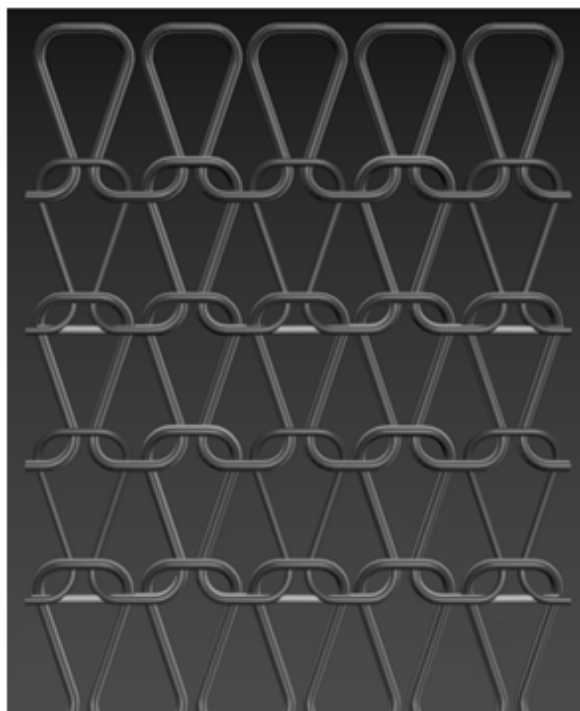
Рисунок 4 – Увеличенное изображение структуры кулирного гибридного трикотажа перекидного платированного переплетения с мультифиламентными покровными нитями



а



б

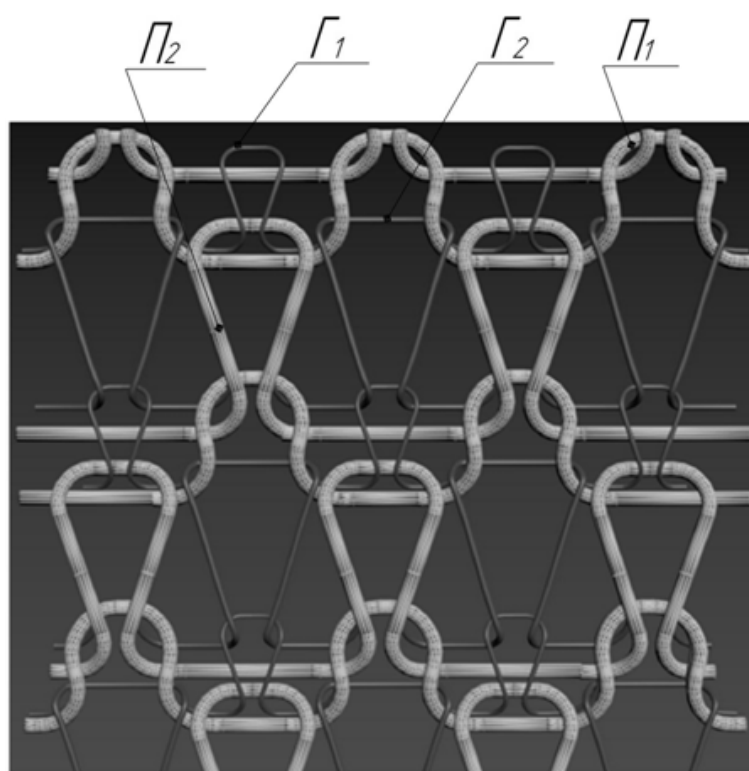


в

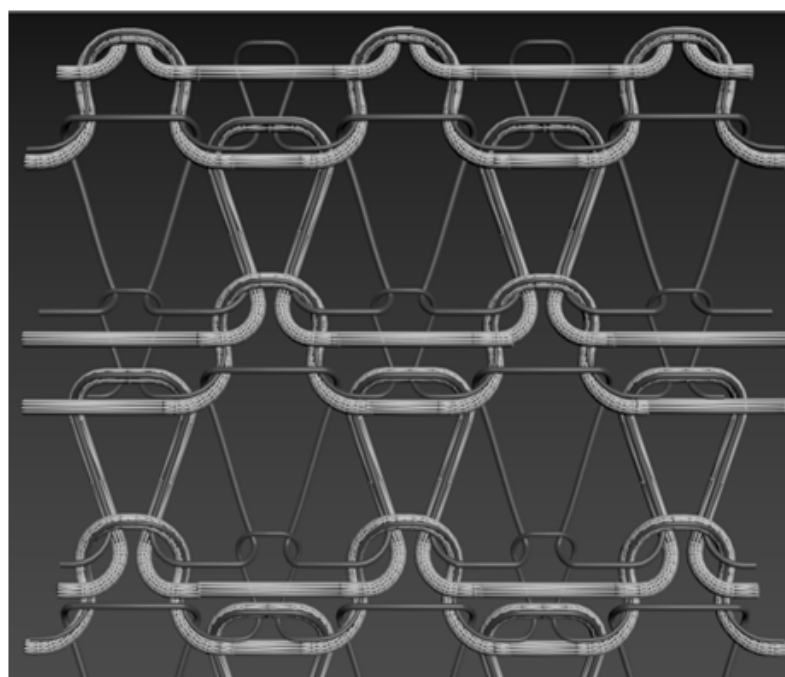


г

Рисунок 5 – 3D-модель структуры одинарного кулирного трикотажа перекидного платированного переплетения, полученного в случае использования одинаковых нитей:
а – лицевая сторона; б – вид сверху; в – изнаночная сторона; г – вид сбоку



а



б

Рисунок 6 – 3D-модель структуры одинарного кулирного трикотажа перекидного платированного переплетения, полученного в случае использования различных нитей:
а – лицевая сторона; б – изнаночная сторона

Трикотаж рисунчатых переплетений включает 16 классов, каждый из которых содержит в свою очередь множество видов. Такое многообразие структур трикотажа усложняет изучение строения трикотажа. Представление структуры трикотажа в виде трехмерной (3D) модели позволяет студентам в учебном процессе быстрее и лучше усвоить структуру трикотажа конкретного переплетения, а так как свойства трикотажа в большей степени определяются его структурой, то целенаправленно использовать рассмотренный в данной работе трикотаж для достижения заданных свойств изделия.

ВЫВОДЫ

Разработаны 3D-модели, которые наглядно демонстрируют степень влияния свойств нитей на структуру трикотажа. Модели позволяют выявить особенности структурообразования элементов петельной структуры в зависимости от толщины и других свойств нитей, из которых со-

стоят исследуемые образцы.

Форма петель одинарного кулирного трикотажа платированных перекидных переплетений зависит от свойств нитей, пряжи, используемых для его выработки. На основе проведенного анализа образцов и моделей можно заключить, что трикотаж, образованный из нитей одинакового вида, имеет одинаковые петли и равномерную структуру. Использование для вязания гибридного трикотажа нитей с различающимися свойствами приводит к изменению размера и формы петель, образованных этими различными нитями, при этом различие размеров и форм петель тем больше, чем больше различие в свойствах нитей.

Полученные 3D-модели структуры трикотажа могут быть использованы для проектирования трикотажа с заданными свойствами, а также в учебном процессе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чарковский, А. В., Шелепова, В. П. (2017), *Анализ кулирного трикотажа рисунчатых переплетений с использованием визуальных изображений структуры: учебно-методическое пособие*, Витебск, УО «ВГТУ», 139 с.
2. Чарковский, А. В. (2019), *Идентификация трикотажа: монография*, Витебск, УО «ВГТУ», 285 с.
3. Кудрявин, Л. А., Шустов, Е. С. (2005), *Разработка методов визуализации структуры трикотажа при его автоматизированном проектировании*, Москва, МГТУ им. А. Н. Косыгина, 139 с.
4. Шустов, Ю. С. (2007), *Основы текстильного материаловедения: учебное пособие для вузов*, Москва, 302 с.
5. Кудрявин, Л. А. (2002), *Лабораторный практикум по технологии трикотажного производства: учеб. для вузов*, Москва, РИО МГТУ,

REFERENCES

1. Charkovskij, A. V., Shelepova, V. P. (2017), *Analiz kulirnogo trikotazha risunchatyh perepletenij s ispol'zovaniem vizual'nyh izobrazhenij struktury: uchebno-metodicheskoe posobie* [Analysis of the knitwear of patterned weaves using visual images of the structure. Tutorial], Vitebsk, 139 p.
2. Charkovskij, A. V. (2019), *Identifikacija trikotazha: monografija* [Knitwear Identification: Monograph], Vitebsk, 285 p.
3. Kudrjavina, L. A., Shustov, Ju. S. (2005), *Razrabotka metodov vizualizacii struktury trikotazha pri ego avtomatizirovannom proektirovanii* [Development of methods for visualizing the structure of knitwear in its automated design], Moscow, 139 p.
4. Shustov, Ju. S. (2007), *Osnovy tekstil'nogo materialovedenija: uchebnoe posobie dlja vuzov* [Basics of textile materials science: Textbook for high schools], Moscow, 302 p.

476 с.

6. Быковский, Д. И., Кузнецов, А. А., Чарковский, А. В., Гончаров, В. А., Береснев, В. И. (2019), Использование 3D-моделей для разработки трикотажа с заданными функциональными свойствами, *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*, № 1–2, С. 10–17.
7. Система трехмерного моделирования КОМПАС-3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ascon.ru/products/7/review/>, дата доступа: 18.09.2019 г.
8. CAD для 3D-проектирования. SOLIDWORKS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.solidworks.com/ru>, дата доступа: 18.09.2019 г.
9. Голованов, Н. Н. (2002), *Геометрическое моделирование*, Москва, Издательство Физико-математической литературы, 472 с.
10. 3Ds Max | 3D Modeling, Animation & Rendering Software | Autodesk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>, дата доступа: 17.02.2020 г.
5. Kudrjavın, L. A. (2002), *Laboratornyj praktikum po tehnologii trikotazhnogo proizvodstva: ucheb. dlja vuzov* [Laboratory workshop on knitting technology: textbook. for universities], Moscow, 476 p.
6. Bykovskij, D. I., Kuznecov, A. A., Charkovskij, A. V., Goncharov, V. A., Beresnev, V. I. (2019), The use of 3D-models for the development of knitwear with specified functional properties [Ispol'zovanie 3D-modelej dlja razrabotki trikotazha s zadannymi funkcional'nymi svojstvami], *Fizika voloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX) – Physics of fibrous materials: structure, properties, high technology and materials (SMARTEX)*, № 1–2, pp. 10–17.
7. Sistema trehmernogo modelirovanija KOMPAS-3D [CAD KOMPAS-3D], (2020), available at: <https://ascon.ru/products/7/review/> (accessed 17 February 2020).
8. CAD dlja 3D-proektirovanija. SOLIDWORKS [CAD for 3D-design. SOLIDWORKS], (2019), available at: <https://www.solidworks.com/ru> (accessed 17 February 2020).
9. Golovanov, N. N. (2002), *Geometricheskoe modelirovanie* [Geometric modeling], Moscow, 472 p.
10. 3ds Max | 3D Modeling, Animation & Rendering Software | Autodesk, (2020), available at: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview> (accessed 17 February 2020).

Статья поступила в редакцию 14. 04. 2020 г.

ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОДУКТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ КАК ДОБАВКА К КЛИНКЕРНЫМ КЕРАМИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ

TECHNOGENIC PRODUCTS OF CHEMICAL WATER TREATMENT OF HEAT-ELECTRIC CENTERS AS ADDITIVE TO CLINKER CERAMIC MATERIALS

УДК 691.4

П.И. Манак¹, А.С. Ковчур^{2*}, А.В. Гречаников²,
И.А. Тимонов²

¹ ОАО «Обольский керамический завод»

² Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13815>

P. Manak¹, A. Kauchur^{2*}, A. Hrachanikau²,
I. Tsimanov²

¹ JSC «Obolsky Ceramic Plant»

² Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

КЛИНКЕР, КЛИНКЕРНАЯ ТРОТУАРНАЯ ПЛИТКА, ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОДУКТЫ, ОСАДКИ ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ, ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ, КЕРАМИЧЕСКИЙ КЛИНКЕРНЫЙ КИРПИЧ

Целью представленной работы является исследование возможности использования техногенных продуктов химической водоподготовки теплоэлектроцентралей в качестве добавки при изготовлении керамических клинкерных материалов. Проведенные на ОАО «Обольский керамический завод» исследования физико-механических свойств опытных образцов керамической клинкерной плитки показали возможность использования техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки теплоэлектроцентралей) в качестве добавки при изготовлении керамических строительных материалов общего назначения. Добавка осадков химической водоподготовки позволяет уменьшить температуру обжига изделий, что важно в плане энергосбережения.

ABSTRACT

CLINKER, BRICK PAVING SLABS, TECHNOGENIC PRODUCTS, RAINFALL OF CHEMICAL WATER TREATMENT, COMBINED HEAT AND POWER PLANT, CERAMIC BRICK

The aim of the research work is to study the possibility of using technogenic products of chemical water treatment at central heating power plants as an additive to the manufacture of ceramic clinker materials. The research studies of physical and mechanical properties of experimental samples of ceramic clinker tiles carried out at Obol Ceramic Plant showed the possibility of using technogenic products of the energy complex (precipitation of chemical water treatment of central heating power plants) as an additive to the manufacture of ceramic construction materials of general purpose. Addition of chemical water treatment sediments allows reducing the burning temperature of the products, which is important in terms of energy saving.

Рациональное использование природных ресурсов в настоящее время приобретает особое значение. Решение этой актуальной народно-хозяйственной проблемы предполагает разработку эффективных безотходных технологий

за счёт комплексного использования сырья, что одновременно приводит к ликвидации значительного экологического ущерба. Техногенные продукты представляют собой отходы (осадки) различных видов производств, пригодные по

* E-mail: askovch@tut.by (A. Kauchur)

своему качественному и количественному составу для дальнейшего промышленного использования [1]. Большинство отходов промышленного производства и топливно-энергетического комплекса могут заменить природные ресурсы, а во многих случаях по своим качественным показателям являются уникальным сырьём. Наиболее рациональным направлением их переработки является использование отходов как техногенного сырья при получении продукции строительного назначения. По результатам выполнения проекта «Разработка научных основ ресурсосберегающей, импортозамещающей технологии изготовления кирпича керамического с использованием промышленных отходов» в рамках ГПНИ «Строительные материалы и технологии 54» на ОАО «Обольский керамический завод» с 2017 года осуществляется выпуск кирпича керамического методом пластического формования с добавками неорганических отходов химической водоподготовки теплоэлектростанций (ТЭЦ). В настоящее время на ОАО «Обольский керамический завод» планируется расширение ассортимента продукции за счет выпуска керамических клинкерных изделий с использованием техногенных продуктов химической водоподготовки теплоэлектростанций.

Цель представленной работы – исследование возможности использования техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки теплоэлектростанций) в качестве добавки при изготовлении керамических клинкерных материалов.

Материалы и методы исследования

К основным материалам, являющимися сырьём для производства клинкерных керамических материалов, относятся глины, каолины, а также различные добавки и модификаторы (плавни, отошающие, порообразующие, пластифицирующие добавки). Так, например, отошающие добавки вводятся в состав керамической массы для снижения пластичности и уменьшения воздушной и огневой усадки глин в процессе обжига. В качестве таких добавок используются шамот, дегидратированная глина, песок, гранулированный доменный шлак, техногенные продукты энергетического комплекса (осадки химической водоподготовки теплоэлектростанций и станций обезжелезивания).

Основой для производства клинкера является сланцевая глина. Её состав считается наиболее подходящим для изготовления высокопрочной продукции, поскольку в ней нет примесей таких минералов, как мел или соли щелочных металлов. Она обладает однородным составом, эластична и тугоплавка. В процессе производства в зависимости от технологии керамическая масса проходит обжиг при температуре 1200–1600 °C [2]. Установившаяся практика показала, что глина, применяемая для изготовления клинкера, должна обладать следующими свойствами:

- температура спекания – в диапазоне от 1160 °C до 1250 °C;
- содержание оксидов (CaO и MgO) – не более 1,25–2,0 %;
- содержание оксида Fe_2O_3 – не менее 6–9 %, а щелочей – не менее 3,3–7,8 %;
- содержание оксида Al_2O_3 – от 17,5 до 23 % [2].

Структура клинкера представляет собой соединение множества кристаллов разных размеров, между которыми находится промежуточное вещество. Состав клинкера можно подразделить на химический и минералогический. Минералогический состав клинкера содержит следующие основные компоненты: алюминат ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) – 5–15 %; алит ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) – 40–60 %; белит ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) – 15–40 %; алюмоферрит ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) – 10–20 %. Химический состав клинкера может колебаться в достаточно больших пределах, даже в вышеописанном алюминате за счёт инородных ионов, особенно Si^{4+} , Fe^{3+} , Na^+ и K^+ . Основными оксидами являются: оксид кальция (CaO) 64–66 %; диоксид кремния (SiO_2) 22–24 %; оксид железа (Fe_2O_3) 2–4 %; оксид алюминия (Al_2O_3) 5–8 %, которые в сумме составляют до 97 % [2]. Остальное – составляют различные добавки.

Важной составляющей глинистого сырья в процессе производства клинкерных керамических материалов является наличие в нем оксида алюминия (Al_2O_3). Он снижает вязкость массы, а также позволяет снизить деформацию изделий в процессе обжига. Легкоплавкие глины имеют в своем составе недостаточное количество Al_2O_3 , поэтому для его увеличения (до 17–25 %) в шихту добавляют каолиновые глины [3, 4].

Содержание оксида железа (Fe_2O_3) в составе

глинистого сырья в больших количествах приводит к тому, что в процессе обжига трехвалентный оксид железа под влиянием восстановительной среды при 1000 °С интенсивно переходит в двухвалентный оксид железа FeO , который в свою очередь быстро вступает в реакцию с кремнеземом, образуя легкоплавкий фаелит ($2FeO \times SiO_2$). Вследствие этого, в изделиях вблизи поверхности образуется сплошная корка, которая препятствует удалению углекислого газа. Для исключения этого и дальнейшего выгорания углерода снижают интенсивность процесса обжига керамической массы в интервале температур 900–1100 °С. В противном случае отложившийся углерод может вызвать образование вздутий на поверхности изделий. Кроме этого оксиды железа оказывают влияние также и на окраску изделий после обжига. Для повышения содержания Fe_2O_3 в составе керамической массы к основной клинкерной глине специально добавлял другой, более железистый сорт её [3, 4].

Увеличение содержания оксида кальция (CaO) в составе керамической массы обуславливает уменьшение интервала спекания, поскольку углекислый газ, образующийся при разложении кальцита ($CaCO_3$), может увеличить пористость изделия. В этом случае в керамической массе в начале процесса обжига могут происходить процессы медленной усадки или расширения, а затем вследствие образования жидкой фазы – резкое плавление и деформация изделий, а также на спекшейся поверхности происходит образование вздутий. Для исключения этого необходимо, чтобы оксид кальция (CaO) в составе керамической массы находился в мелкодисперсном состоянии [3, 4].

У глин, содержащих оксид магния (MgO), интервал спекания больше при одинаковом содержании в них оксида кальция (CaO), но существенным недостатком магнезиальных глин является то, что они имеют относительно большую усадку [3, 4].

Содержание щелочных оксидов (Na_2O ; K_2O) в керамических глинах может варьироваться в количестве от 1,5 до 4,5 %. Добавка плавней в состав керамических масс необходима при недостаточном спекании изделия или при слишком высокой температуре процесса обжига [3, 4].

В качестве добавок и модификаторов кера-

мической массы могут выступать различные отходы, например [5]:

- аргиллит, измельченный до размера менее 1,0 мм при содержании фракции 0–0,5 мм не менее 80 % в композиции с апатитовым концентратом;

- хвосты извлечения кобальтового концентрата в количестве 20–40 %, имеющие объемную насыпную массу 920 кг/м³, плотность – 2720 кг/м³, огнеупорность – 1200 °С;

- в качестве флюсующей добавки – измельченный базальт фракции 0,063 мм;

- в качестве отошающей добавки гранитные отсева фракции 0,1–3,0 мм в композиции с гранитными отсевами фракции менее 0,1 мм в качестве плавня;

- стеклобой.

В рамках проекта «Инновационная, ресурсосберегающая технология изготовления тротуарной плитки с использованием промышленных отходов», выполняемого по заданию ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии», кафедрой экологии и химических технологий совместно с ОАО «Обольский керамический завод» проведены исследования возможности использования техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки ТЭЦ) в качестве добавки при изготовлении керамических клинкерных материалов.

Проведенный анализ литературных источников показал отсутствие сведений об использовании техногенных продуктов химической водоподготовки ТЭЦ в качестве добавки при изготовлении клинкерных керамических материалов.

Исследуемые осадки химической водоподготовки на ТЭЦ в естественном виде представляют собой влажную массу темно-коричневого цвета. В зависимости от времени года и места образования они могут содержать от 5 до 35 % влаги [6]. При проведении исследований использовали сухую сыпучую крупнодисперсную смесь неорганических отходов химической водоподготовки ТЭЦ с размером частиц 0,2–1,5 мм. Образцы были высушены при нормальных условиях и дополнительной термической обработке не подвергались. Фазовый состав определяли рентгеновским методом на дифрактометре

D8 Advance (Германия) с использованием характеристического излучения медного анода рентгеновской трубки CuK_{α} и конфигурации съемки Брэгга-Брентано Θ - 2Θ . Порошки исследуемых образцов осадков химической водоподготовки прессовались в плоские кюветы. Сканирование проводили при комнатной температуре в интервале углов 2Θ от 10° до 120° с шагом $0,05^{\circ}$ и временем интегрирования рентгеновских квантов в каждой точке 3 с. Выполненный анализ осадков показал наличие кварца SiO_2 и кальцита $CaCO_3$ в количественном соотношении 16 мас. % и 84 мас. % соответственно (проба осадков химической водоподготовки ТЭЦ взята летом); наличие кварца SiO_2 – 2 мас. %; $FeO(OH)$ – 16 мас. %; кальцита $CaCO_3$ – 82 мас. % (проба осадков химической водоподготовки ТЭЦ взята зимой). Дифрактограммы образцов техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки ТЭЦ) представлены на рисунках 1, 2 [6].

Оксидный состав техногенных продуктов химической водоподготовки ТЭЦ был определен в

испытательном центре Государственного предприятия «Институт НИИСМ» в соответствии с требованиями ГОСТ 2642-97, ГОСТ 21216-2014. При проведении исследований применялось следующее оборудование: весы AR-2140; сушильный шкаф SNOL 67/350; муфельная печь SNOL 7,2/1100; пламенный фотометр PFP7; комбинированный прибор testo [7]. В таблице 1 приведен усреднённый оксидный состав осадков химической водоподготовки теплоэлектроцентралей. Результаты исследований показали, что состав неорганических отходов химической водоподготовки варьируется в зависимости от времени года и метеорологических условий.

Анализ полученных результатов

Результаты проведенных исследований фазового и оксидного состава техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки ТЭЦ) показали наличие значительного количества неблагоприятных для изготовления клинкерных керамических материалов фаз кальцита ($CaCO_3$) и $FeO(OH)$, а также оксида кальция (CaO). Гранулометрический

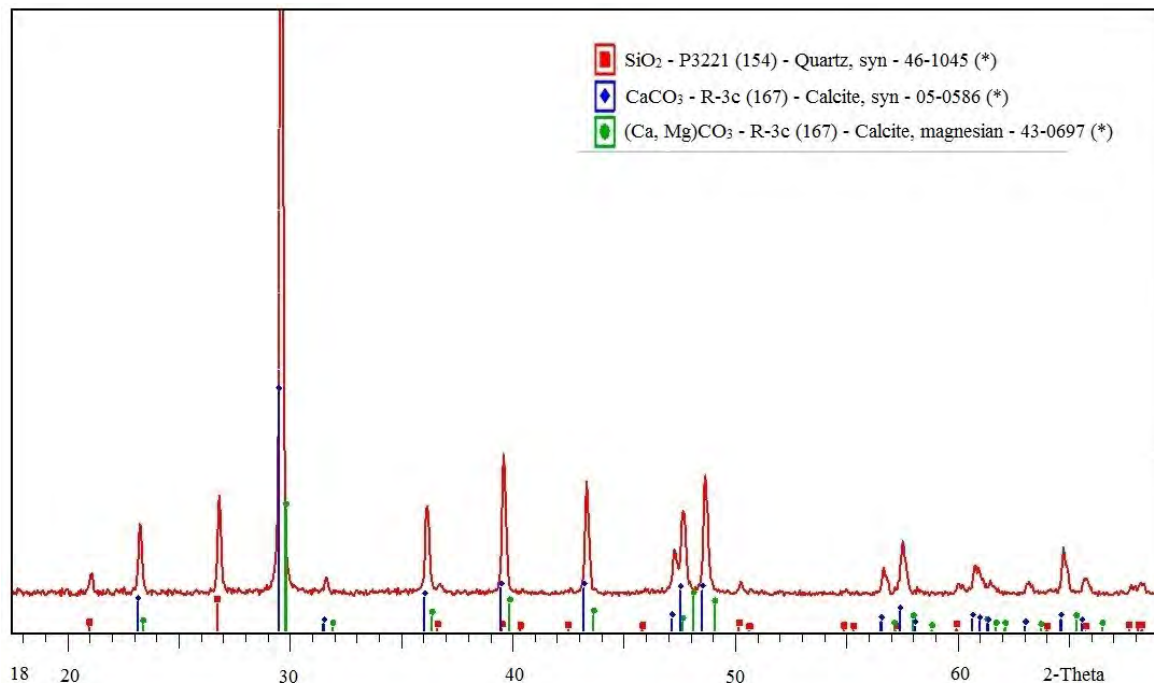


Рисунок 1 – Дифрактограмма образца осадков химической водоподготовки ТЭЦ «Южная» (проба взята летом)

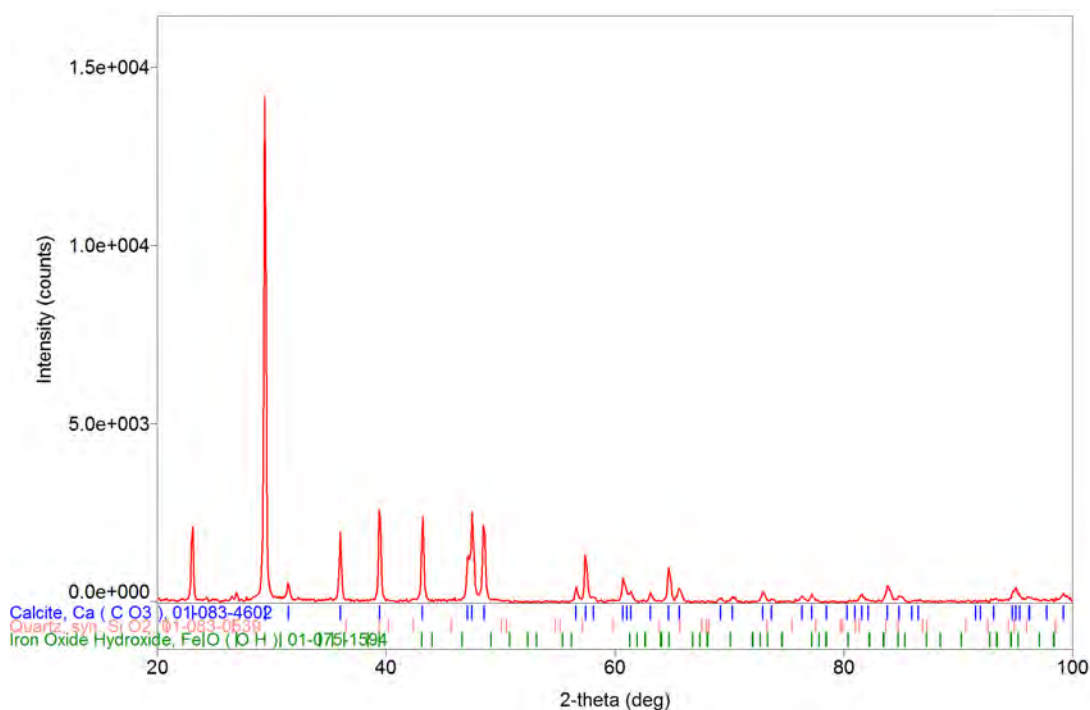


Рисунок 2 – Дифрактограмма образца осадков химической водоподготовки ТЭЦ «Южная» (проба взята зимой)

Таблица 1 – Усредненный оксидный состав осадков химической водоподготовки теплоэлектростанций

Компонент	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	P_2O_5	CaO	MgO	П.п.п.	SO_3	Na_2O	K_2O
Доля в мас. %	0,24	0,64	1,77	2,85	0,03	н.о.	47,66	2,26	44,15	н.о.	0,20	0,08

состав отходов химической водоподготовки ТЭЦ составлял от 7 *мкм* до 1,25 *мм*. Наличие этих примесей в виде крупных включений способно привести к разрушению изделий после обжига. Для того, чтобы снизить вредное влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства клинкера присутствия в осадках химической водоподготовки ТЭЦ этих фаз и оксидов, отходы необходимо предварительно измельчить в шаровой мельнице до степени дисперсности менее 100 *мкм*. Наличие кальцита (CaCO_3) и $\text{FeO}(\text{OH})$, а также оксида кальция (CaO) в тонкодисперсном состоянии препятствует образованию вздутий в процессе обжига, что положительно сказывается на качестве полученных изделий.

В соответствии с требованиями СТБ 1450-2010 «Технологическая документация. Рецептура. Общие требования к разработке» разработана рецептура и составы сырья для изготовления опытных экземпляров керамической клинкерной тротуарной плитки с использованием осадков химической водоподготовки ТЭЦ (таблица 2).

Характеристика сырья. Глинистое сырье месторождения «Рудня-2» имеет светло-серый цвет, плотную комковую структуру, хорошо размокает в воде. По числу пластичности относится к умеренно пластичному (9,1–14,1), по чувствительности сырья к сушке – к высокочувствительному. В минеральном составе глины отмечаются высокое содержание оксида кремния и соот-

Таблица 2 – Составы смеси для формовки керамической клинкерной плитки с добавками осадков химической водоподготовки ТЭЦ

Компоненты	Составы смеси, %		
	№ 1	№ 2	№ 3
Глина месторождения «Рудня-2»	30	25	20
Глина месторождения «Латненское»	40	40	40
Глина месторождения «Заполье»	25	30	35
Шамот	2	3	4
Осадки химической водоподготовки ТЭЦ	3	2	1

ветственно кристаллического кварца и низкое – глинистых минералов: монтмориллонита – 12–14 %, каолинита – 1–2, гидрослюды (иллита) – около 10 %, имеются примеси хлорита, содержание крупнозернистых включений – 0,32 % [3, 4].

Глинистое сырьё Латненского месторождения представляет собой глину каолинитовую огнеупорную (не менее 1670 °C) светло-серого цвета, тонкодисперсную, полуокислую. Пластичность глины – 12,5–13,0. Содержание крупнозернистых включений низкое, представленное в основном кварцевым песком и обломками кристаллических пород. В минеральном составе преобладает каолинит – около 40 % и монтмориллонит – 10 %. Также присутствуют полевые шпаты [3, 4, 8, 9].

Глинистое сырьё месторождения «Заполье» относится к категории легкоплавких (огнеупорность 1280 °C), умереннопластичных (число пластичности 12,4–14,8), полуокислых (содержание Al_2O_3 составляет 13,7–16,8 мас. %), с высоким содержанием оксида железа и свободного кварца (5,51 и 32,1 мас. % соответственно). Глинистая порода светло-коричневого цвета [3, 4, 10].

Усредненные оксидные составы глинистого сырья представлены в таблице 3.

Анализ компонентов глинистого сырья показал, что глина месторождений «Рудня-2», «Заполье» имеют пониженное содержание оксида (Al_2O_3) – от 11,90 % до 14,00 % соответственно, а глина месторождения «Латненское» Воронежской области – более высокое – 26,35 %. Кроме того, глина месторождения «Заполье» имеет повышенное содержание оксида кальция (CaO) и магния (MgO) – 7,20 % 2,40 % соответственно. Глинистое сырьё проходило предподготовку в виде измельчения для снижения вредного воздействия оксидов кальция и магния. В качестве шамота использовался бой огнеупорного кирпича.

На ОАО «Обольский керамический завод» изготовлены опытные образцы керамической клинкерной тротуарной плитки (керамический клинкерный кирпич) с добавками техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки) в соответствии с разработанной рецептурой (таблица 2). Смешивание всех сырьевых компонентов и формование керамической клинкерной плитки (кирпича керамического клинкерного) осуществлялось с помощью механической мешалки. После смешивания компонентов получена однородная пластичная масса, влажностью 18 %. В ходе экс-

Таблица 3 – Усредненный оксидный состав глинистого сырья месторождения «Рудня-2», «Латненское» Воронежской обл., «Заполье»

Месторождение	Компонент, доля в мас. %									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	П.л.п.
«Рудня-2»	69,10	11,90	5,58	0,92	1,25	1,83	0,14	1,21	2,24	5,80
«Латненское»	68,70	26,35	1,05	1,70	0,40	0,30	0,15	0,10	0,45	9,50
«Заполье»	55,70	14,00	6,10	0,70	7,20	2,40	0,20	1,50	2,80	9,40

перимента сформованы образцы керамической клинкерной плитки. Полученная керамическая масса (сырец) высушивалась в сушильной камере в течение 48 часов (температура теплоносителя равномерно увеличивалась от 20 °С до 80 °С) до влажности 5 %. Затем проводилась термообработка в лабораторной электрической печи при равномерном подъеме температуры от 300 °С до 700 °С. Окончательный обжиг изделий проводился в муфельной печи. Модификация керамической массы осадками химической водоподготовки ТЭЦ позволила понизить температуру обжига до 1150 °С, что при массовом производстве приведёт к экономии топливно-энергетических ресурсов. Общая длительность процессов термообработки и обжига составила 36 часов, в том числе время выдержки при максимальной температуре – 4 часа.

В производственной лаборатории ОАО «Обольский керамический завод» проведены исследования физико-механических свойств опытных образцов керамической клинкерной плитки (таблица 4).

В ходе лабораторных испытаний, прове-

денных отделом технического контроля ОАО «Обольский керамический завод», установлено, что опытные образцы плитки согласно СТБ 1787–2007 «Кирпич керамический клинкерный. Технические условия» соответствуют классу Б [11]. Ввиду сложности структурообразования и уточнения ряда технологических свойств керамических клинкерных изделий с использованием добавки осадков химической водоподготовки ТЭЦ необходимо проведение дальнейших исследований.

ВЫВОД

Проведенные на ОАО «Обольский керамический завод» исследования физико-механических свойств опытных образцов керамической клинкерной плитки показали возможность использования техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки теплоэлектроцентралей) в качестве добавки при изготовлении керамических строительных материалов общего назначения. Добавка осадков химической водоподготовки позволяет уменьшить температуру обжига изделий, что важно в плане энергосбережения.

Таблица 4 – Результаты испытаний плитки

Наименование показателя. Единицы измерения	Нормированное значение показателя, установленных ТНПА	Среднее значение показателей для образцов		
		Содержание отходов (масс. %)		
		1	2	3
1. Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	Не менее 1950	1950	1970	1975
2. Предел прочности при сжатии, МПа	20,0	27,5	29,0	28,0
3. Предел прочности при изгибе, МПа	2,5	2,7	3,0	2,8
4. Водопоглощение, %	не более 6	5	5	5
5. Наличие известковых включений	–	нет		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаров, А. Б. (2000), Техногенные месторождения минерального сырья, *Саровский образовательный журнал*, 2000, том 6, № 8, С. 76–80.

REFERENCES

1. Makarov, A. B. (2000), Man-made mineral deposits [Tekhnogennyye mestorozhdeniya mineral'nogo syr'ya], *Sarovskiy obrazovatel'nyy zhurnal – Sarov educational magazine*, 2000, vol. 6, № 8, pp. 76–80.

2. Особенности химического и минералогического состава клинкера (клинкерного кирпича), а также его структуры (2019), available at: <http://mini-proizvodstvo.ru/klinkernyj-kirpich/proizvodstvo-klinkernogo-kirpicha.html> (accessed 22 September 2019).
3. Освоение производства клинкерного кирпича на Обольском керамическом заводе (2019), available at: <http://ais.by/story/734> (accessed 22 December 2019).
4. Клинкерный кирпич (2019), available at: http://tellis.ucoz.ru/publ/klinkernyj_kirpich/14-1-0-142 (accessed 22 December 2019).
5. Морозова, С. В., Пермяков, Е. Н., Корнилов, А. В., Шинкарев, А. А. (2010), Клинкерный кирпич на основе легкоплавких полиминеральных и цеолитсодержащих глин, *Вестник Казанского технологического университета*, Строительство. Архитектура, 2010, С. 17–23.
6. Ковчур, А. С., Гречаников, А. В., Манак, П. И., Ковчур, С. Г. (2018), *Комплексное использование неорганических отходов водонасосных станций и теплоэлектроцентралей: монография*, Витебск, ВГТУ, 2018, 165 с.
7. Ковчур, А. С., Гречаников, А. В., Ковчур, С. Г., Тимонов, И. А., Потоцкий, В. Н. (2018), Керамический кирпич с добавлением осадков химической водоподготовки теплоэлектроцентралей, *Труды БГТУ*, 2018, Серия 2, № 2, С. 146–158.
8. Коваленко, Н. М., Пашков, А. Н. (2010), Глины Латненской группы месторождений – перспективный теплоноситель бальнеологического применения, *Вестник ВГУ*, серия: Геология, 2010, № 1, С. 293–295.
9. Крайнов, А. В., Дмитриев, Д. А. (2017), Минерально-сырьевая база тугоплавких и огнеупорных глин Центрально-черноземного района и перспективы ее развития, *Вестник ВГУ*, серия Геология, 2017, № 4, С. 79–85.
2. Osobennosti khimicheskogo i mineralogicheskogo sostava klinkera (klinkernogo kirpicha), a takzhe ego struktury [Features of the chemical and mineralogical composition of clinker brick and also its structures] (2019), available at: <http://mini-proizvodstvo.ru/klinkernyj-kirpich/proizvodstvo-klinkernogo-kirpicha.html> (accessed 22 September 2019).
3. Osvoenie proizvodstva klinkernogo kirpicha na Obol'skom keramicheskom zavode [Development of clinker brick production at Obol Ceramic Plant] (2019), available at: <http://ais.by/story/734> (accessed 22 December 2019).
4. Klinkernyy kirpich [Clinker brick] (2019), available at: http://tellis.ucoz.ru/publ/klinkernyj_kirpich/14-1-0-142 (accessed 22 December 2019).
5. Morozova, S. V., Permyakov, E. N., Kornilov, A. V., Shinkarev, A. A. (2010), Clinker brick based on low melting polymineral and zeolite-containing clays [Klinkernyj kirpich na osnove legkoplavkikh polimineral'nyh i ceolitsoderzhashchih glin], *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Bulletin of Kazan University of Technology, Construction. Architecture*, 2010, pp. 17–23.
6. Kauchur, A., Hrachanikau, A., Manak, P., Kauchur, S. (2018), *Kompleksnoe ispol'zovanie neorganicheskikh otkhodov vodonasosnykh stantsiy i teploelektrotsentralей: monografiya* [Integrated use of inorganic wastes of water pump stations and thermal power centers: monograph], Vitebsk, VSTU, 2018, 165 p.
7. Kauchur, A., Hrachanikau, A., Kauchur, S., Timonov, I., Patotski, V. (2018), Ceramic brick with addition of rainfall of chemical water treatment of combined heat and power plants [Keramicheskij kirpich s dobavleniem osadkov himicheskoy vodopodgotovki teploelektrotsentralej], *Trudy BGTU – Works of BSTU*, 2018, Series 2, № 2, pp. 146–158.
8. Kovalenko, N. M., Pashkov, A. N. (2010), Clays

10. Левицкий, И. А., Хоружик, О. Н. (2017), Исследование процессов спекания полиминеральных глин с целью получения клинкерного кирпича, Наука и технологии строительных материалов: состояние и перспективы развития, *Материалы докладов Международной научно-технической конференции*, Минск, БГТУ, 2017, С. 93–96.
11. СТБ 1787-2007. *Кирпич керамический клинкерный. Технические условия*, введ. 28.09.07, (2007), Минск, Госстандарт Республики Беларусь, 7 с.
9. Kraynov, A. V., Dmitriev, D. A. (2017), Mineral raw material base of refractory and refractory clays of the Central Black Earth region and prospects for its development [Mineral'no-syr'evaya baza tugoplavkih i огнеупорных глин Central'no-черноземного района i perspektivy ee razvitiya], *Vestnik VGU – Bulletin of VSU, Geology series*, 2017, № 4, pp. 79–85.
10. Levitskiy, I. A., Khoruzhik, O. N. (2017), Research of sintering processes the polimeneralnykh of clays for the purpose of receiving a brick brick [Issledovanie processov spekaniya polimineral'nykh glin s cel'yu polucheniya klinkernogo kirpicha, Nauka i tekhnologii stroitel'nykh materialov: sostoyanie i perspektivy razvitiya], *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (Nauka i tekhnologii stroitel'nykh materialov: sostoyanie i perspektivy razvitiya)*, Minsk, 2017, pp. 93–96.
11. STB 1787-2007. *The brick is ceramic brick. Specifications*, vved. 28.09.07, (2007), Minsk, Gosstandart of Republic of Belarus publ., 7 p.

Статья поступила в редакцию 06. 05. 2020 г.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА

PECULIARITIES OF ENVIRONMENTAL REGULATION OF POWER GENERATING PLANTS ON VARIOUS TYPES OF FUEL

УДК 504.3.054

А.В. Нижников^{1*}, В.Е. Савенок²

¹ ООО «Природоохранный инжиниринг»

² Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13816>

A. Nizhnikov^{1*}, V. Savenok²

¹ SLR «Nature protection engineering»

² Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

НОРМАТИВ, ОЦЕНКА, ТОПЛИВО, УСТАНОВКА, ЭНЕРГИЯ

В связи с ограниченностью собственных энерго-ресурсов Республики Беларусь в хозяйственный оборот вовлекаются местные виды ТЭР, содержащие достаточное количество органических веществ (углерода) и имеющие необходимую теплоту сгорания для удовлетворения теплоэнергетических нужд.

Целью данной работы было определение и выявление критериев, влияющих на оценку экологического ущерба окружающей среде при замещении природного газа местными видами топлива.

Перевод энергогенерирующих установок на местные виды топлива (биотопливо), как альтернатива импортируемому природному газу приводит к увеличению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на единицу установленной мощности. Считаем, что данный перевод должен сопровождаться разработкой мер, снижающих негативное воздействие на окружающую среду, которое возникает при эксплуатации топливосжигающих установок на местных видах топлива. При этом наряду с техническими мероприятиями, снижающими это воздействие, должна быть разработана нормативная база, обеспечивающая действенный контроль в этой области.

Нами предлагается разработать эколого-энергетические нормативы, которые бы регламентировали выбросы загрязняющих веществ от различных топливосжигающих установок на единицу мощности вырабатываемой тепловой и (или) электрической энергии.

ABSTRACT

STANDARD, EVALUATION, FUEL, INSTALLATION, ENERGY

The Republic of Belarus lacks energy resources. Local fuels with the necessary heat of combustion to meet heat and power needs are involved in the economic turnover.

The purpose of the work is to determine the peculiarities of environmental regulation of power generating plants on various types of fuels. The main task of the study is to identify criteria affecting the assessment of environmental damage to the environment when replacing natural gas with local fuels.

An analysis of the operation of power generating plants on different types of fuels shows that their conversion to local fuels leads to an increase in emissions of pollutants into the atmospheric air per unit of installed capacity compared to plants operating on natural gas. This transfer should be accompanied by the development of measures to reduce the negative impact on the environment that occurs during the operation of fuel combustion plants on local fuels. A regulatory framework should be developed to ensure effective monitoring in this area.

We propose to develop environmental and energy standards that regulate the emissions of pollutants from various fuel combustion plants per unit of power produced by thermal and/or electric energy.

* E-mail: nizhnikoff@mail.ru (A. Nizhnikov)

В связи с ограниченностью собственных энергоресурсов Республики Беларусь в хозяйственный оборот вовлекаются местные виды ТЭР, содержащие достаточное количество органических веществ (углерода) и имеющие необходимую теплоту сгорания для удовлетворения теплоэнергетических нужд. Вместе с тем местные виды топлива уступают по своей теплотворной способности импортируемым традиционным топливам. Влажность, зольность, плотность, теплота сгорания топлива – факторы, имеющие широкий диапазон значений. Актуальным является вопрос оптимизации и усовершенствования традиционных действующих методов нормирования и оценки, а также разработки новых методов и подходов нормирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и определения ущерба окружающей среде.

Целью данной работы было определение и выявление критериев, влияющих на оценку экологического ущерба окружающей среде при замещении природного газа местными видами топлива.

Нормирование и контроль топливосжигающих установок в Республике Беларусь осуществляется по двум направлениям:

– «энергетическое», показателем эффективности является удельный расход топлива на единицу выработанной и отпущенной тепловой энергии, $\text{кг}\cdot\text{у.т}/\text{Гкал}$. Установленный норматив является относительным показателем энергетической эффективности отдельной энергогенерирующей установки. Может существенно различаться для установок, сжигающих один вид топлива, имеющих сопоставимую теплопроизводительность и подключенную нагрузку, но использующие разные типы агрегатов с отличающимися КПД и технологическими решениями. Контроль и документальное сопровождение осуществляется Департаментом по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь и его территориальными органами;

– «экологическое», показателем эффективности являются нормы выбросов загрязняющих веществ в отходящих газах энергогенерирующих установок, $\text{мг}/\text{м}^3$. Является абсолютным критерием воздействия на окружающую среду в части выбросов загрязняющих веществ в ат-

мосферный воздух. Контроль и документальное сопровождение осуществляется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и его территориальными органами.

Соответственно по каждому из направлений действуют самостоятельные нормативные правовые акты (в том числе технические нормативные правовые акты), устанавливающие требования к разработке, установлению и контролю нормативов эффективной эксплуатации котельных установок, имеющие равную юридическую силу и обязательные для исполнения организациями, эксплуатирующими котельные установки. Равное исполнение требований законодательства по соблюдению норм расхода топлива на выработку единицы тепла и требований по нормам содержания загрязняющих веществ должно гарантировать устойчивую эффективную эксплуатацию котельных установок.

В соответствии с государственной программой «Энергосбережение» на 2016–2020 годы [1] установлен перечень 128 энергоисточников на местных топливно-энергетических ресурсах, вводимых в эксплуатацию в 2016–2020 годах, по результатам реконструкции которых произойдет замещение сжигаемого природного газа местными видами топлива в объеме 279 494 тонн условного топлива. Основной упор сделан на расширение использования древесного топлива. В обоснование выбора указано, что это связано с наименьшими объемами капиталовложений и небольшими сроками окупаемости в сравнении с другими видами местных возобновляемых источников энергии.

Данный документ никак не учитывает экологические требования при эксплуатации котельных установок на различных видах топлива. Как известно, под топливом понимают углеродные и углеводородные соединения, которые будучи нагретыми до определенной температуры, активно вступают в реакцию с кислородом воздуха и выделяют при этом значительное количество тепла.

Исходя из критерия импортозамещения, топливо разделяют на местное и привозное (импортируемое). К местным видам топлива в Республике Беларусь относится биотопливо (дрова, щепа, древесные отходы). К импорти-

руемым – природный газ, уголь. Топливо, получаемое как продукт нефтепереработки, также можно отнести к разряду импортируемых, так как в основном получается из импортируемой в страну нефти. Нами проведен сравнительный экологический анализ эксплуатации котельных установок на различных видах топлива [2], по результатам которого установлено, что при работе котельных установок одинаковой мощности на природном газе количественный состав выбросов загрязняющих веществ в несколько раз меньше, чем при работе на местных видах топлива (щепа древесная топливная). При этом качественный состав выбросов тоже различен. При работе котельных установок на природном газу, в отличие от работающих на щепе древесной топливной, отсутствуют выбросы твердых частиц и диоксида серы.

Одним из направлений использования местных видов топлива является использование древесного угля [3]. Древесный уголь получают в углетомильной печи в процессе пиролиза. Сам процесс оказывает минимальное влияние на окружающую среду, так как в углетомильную печь загружается реторта с сырьем (дрова, древесные отходы), а для нагрева сырья с последующей его сушкой и эндотермической реакции пиролиза используются пиролизные газы, выделяемые в процессе пиролиза. Таким образом, выбросы загрязняющих веществ при эксплуатации углетомильной печи по оценкам эксплуатирующих организаций являются минимальными. Использование древесного угля в качестве топлива в энергогенерирующих установках является перспективным направлением для снижения их негативного воздействия на окружающую среду в процессе эксплуатации.

В области охраны окружающей среды при технико-экономических обоснованиях принимаемых проектных решений используются нормативные документы, разработанные в соответствии с природоохранным законодательством страны, кодексами, директивными документами, международными соглашениями и конвенциями, а также стандартами. Эффективность природоохранных мероприятий в значительной степени зависит от состояния правового обеспечения и комплексного подхода к решению проблемы.

В Республике Беларусь для минимизации негативного воздействия на окружающую среду законодательно ограничивают выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Критерием этих ограничений являются предельно допустимые концентрации (ПДК) различных веществ в приземном слое атмосферы.

В настоящее время в Республике Беларусь действует нормативный документ, определяющий ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [4]. Данным нормативным документом установлены нормативы ПДК для более чем 400 веществ.

В Республике Беларусь для загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух установками по сжиганию топлива, нормативным документом [4] установлены санитарно-гигиенические характеристики (таблица 1).

Для соблюдения выполнения санитарно-гигиенических нормативов чистоты атмосферного воздуха в 70–80-е гг. в бывшем СССР ГОСТом 17.2.3.02-78 была определена система нормирования предельно допустимых выбросов. Согласно данному ГОСТу, для природопользователей (предприятий и организаций), оказывающих негативное воздействие на окружающую среду,

Таблица 1 – ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Наименование вещества	ПДК, мг/м ³		Класс опасности
	Максимально-разовые	Среднесуточные	
Углерода оксид	5,0	3,0	4
Азота (IV) оксид	0,25	0,1	2
Азота (II) оксид	0,4	0,24	3
Серы диоксид	0,5	0,2	3
Твердые частицы	0,3	0,15	3

должны разрабатываться нормативы допустимых выбросов (НДВ). Эта система действует и сейчас в Республике Беларусь и ограничивает абсолютное значение выбрасываемых в атмосферу загрязнителей, но вместе с тем предусматривает для предприятий возможность работать с повышенными, так называемыми временно-согласованными выбросами (ВСВ). НДВ – нормативы, которые установлены для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих хозяйственную или иную деятельность, в соответствии с показателями массы химических и иных веществ для поступления в окружающую среду от стационарных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух закреплено в Законе Республики Беларусь об охране атмосферного воздуха и согласно [5] производится путем установления НДВ как количества загрязняющих веществ, которое не разрешается превышать при выбросе в атмосферный воздух. Устанавливаются следующие типы НДВ: массовый выброс, *тонн/год* и *грамм/секунду*; предельное значение концентрации выброса, *миллиграмм/метр кубический (нормальный)*.

В соответствии с постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 19.04.2006 г. № 18 с 1 июля 2006 года на территории Республики Беларусь введены в действие государственные стандарты:

– СТБ 1626.1-2006 «Установки котельные. Установки, работающие на газообразном, жидком и твердом топливе. Нормы выбросов загрязняющих веществ» [6];

– СТБ 1626.2-2006 «Установки котельные. Установки, работающие на биомассе. Нормы выбросов загрязняющих веществ» [7].

Таким образом, с введением в действие СТБ 1626.1 и СТБ 1626.2 реализованы требования об установлении нормативов допустимых выбросов для стационарных источников воздействия на окружающую среду, изложенные в статье 22 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» и статье 23 Закона Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха».

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду используются в качестве экологического обоснования для установления лимитов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, допустимых сбросов сточных вод, лимитов хранения и захоронения отходов и являются основанием для получения природопользователями (предприятиями) разрешения на выбросы загрязняющих веществ.

НДВ и нормативы временно допустимых выбросов устанавливаются и вводятся в действие территориальными органами Минприроды в разрешении на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух. НДВ для промышленных предприятий устанавливается с учетом обеспечения выполнения следующего условия:

$$C_{iu} + C_{if} \leq ПДК_{imp}, \quad (1)$$

где C_{iu} – максимальная приземная концентрация i -вещества (без учета фоновых концентраций), создаваемая источником выбросов рассматриваемого объекта (предприятия) в контрольных точках (на границе санитарно защитной зоны), $мг/м^3$; C_{if} – фоновая концентрация i -вещества, $мг/м^3$; $ПДК_{imp}$ – максимально-разовая ПДК i -вещества, $мг/м^3$.

Разрешение на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух является основанием для определения размеров платежей за использование природных ресурсов. Расчет экологического налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух производится по формуле:

$$H = C \cdot V_n \cdot K, \quad (2)$$

где H – налог на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, *руб.*; C – ставки налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, *руб.* за 1 $т$; V_n – фактически выброшено загрязняющих веществ в атмосферный воздух в пределах лимита, $т$; K – коэффициент к ставке налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух (если устанавли-

вается на текущий год).

Ставки налога определяются Налоговым кодексом Республики Беларусь. При этом в действующей редакции Налогового кодекса ставки налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух для веществ 1 класса опасности и веществ без класса опасности не установлены.

В качестве мер экономического стимулирования природопользования в ряде случаев применяются льготы по экологическому налогу: нулевые ставки налога, сниженные ставки налога, использование коэффициентов к ставкам налога (понижающих, повышающих), уменьшение причитающихся к уплате сумм налога. В частности за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, образующиеся при сгорании топлива для удовлетворения теплоэнергетических нужд населения, применяется коэффициент 0,27.

Нормативные значения НДС по отдельным загрязняющим веществам имеют решающее значение при планировании мероприятий по охране атмосферного воздуха, проектировании, строительстве новых и реконструкции существующих объектов и предприятий энергетического комплекса. Таким образом, в настоящее время в основе регулирования и контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух лежит принцип санитарно-гигиенического нормирования.

Вместе с тем выбор оптимального направления развития энергетики зависит от возможности выполнения корректных и научно-обоснованных технико-экологических обоснований и экспертиз различных проектов. Такое технико-экологическое обоснование весьма затруднено и может носить субъективный характер в связи с неполным учетом всех факторов, определяющих экологическое воздействие энергетического объекта на окружающую среду.

Так, например, с учетом вышеизложенного возможны ситуации, когда для предприятий тепловой энергетики к одинаковым котельным установкам могут предъявляться различные требования в зависимости от района расположения предприятия (различное фоновое загрязнение атмосферы, метеорологические условия) и высоты дымовых труб, обеспечивающих рассеивание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

В результате складывается такая ситуация, когда одни предприятия уже не имеют технической возможности сокращать выбросы загрязняющих веществ, а другие, которые могут внедрять мероприятия, не имеют стимулов к внедрению даже малозатратных мероприятий.

Взимание платы за загрязнение окружающей природной среды (экологический налог на выбросы) в какой-то степени представляет собой форму возмещения экономического ущерба, которая компенсирует воздействие выбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду. Но в настоящее время нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ таковы, что плата за выбросы в очень редких случаях будет больше экономических затрат на внедрение новых технологий и газоочистного оборудования.

Предлагаемые в настоящее время аналитические методы анализа и оценок, как отдельных экологических показателей, так и эколого-экономической эффективности ресурсопотребления отраслей экономики и эффективности использования природных ресурсов, представляют собой сложные многофакторные, многопараметрические и многовариантные математические зависимости [8, 9]. Однако вопрос, дает ли этот механизм полную стоимостную оценку всех последствий, вызванных причинением вреда окружающей среде и природным ресурсам, по-прежнему остается не до конца выясненным.

По результатам проведенных исследований были определены критерии, которые позволяют провести оценку экологического ущерба окружающей среды при эксплуатации энергогенерирующих установок:

- выброс загрязняющих веществ (основных поллютантов) на единицу массы сжигаемого топлива;
- количество образующихся отходов на единицу массы сжигаемого топлива и показатели затрат их утилизации;
- класс опасности и предельно-допустимые концентрации выбрасываемых загрязняющих веществ;
- лимитирующий показатель вредности выбрасываемых загрязняющих веществ;
- стоимость используемого топлива;
- стоимостная оценка количественных и ка-

чественных показателей загрязняющих веществ (экологический налог);

– технологичность использования данного вида топлива;

– содержание кислорода в отходящих дымовых газах.

Нами предлагается в качестве базового критерия при сравнении различных видов топлива использовать удельный выброс загрязняющих веществ на единицу вырабатываемой тепловой (электрической) энергии.

Суммарный объемный выброс загрязняющих веществ при сжигании определенного топлива для установленной мощности топливосжигающей установки может быть определен по формуле

$$O_i = \sum_{j=1}^n Y_j N_i, \text{ мг/м}^3, \quad (3)$$

где O_i – суммарный объемный выброс i -го загрязняющего вещества, мг/м^3 ; Y_j – удельный выброс j -го загрязняющего вещества на единицу вырабатываемой энергии, $\text{мг/м}^3/\text{кВт}$; N_i – мощность энергогенерирующей установки, кВт .

Использование удельного выброса загрязняющих веществ на единицу вырабатываемой тепловой (электрической) энергии позволяет более точно провести сравнительную оценку энергогенерирующих установок на различных видах топлива с учетом экологического нормирования.

Заключение

Перевод энергогенерирующих установок на местные виды топлива (биотопливо), как альтернатива импортируемому природному газу, приводит к увеличению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на единицу установленной мощности. Считаем, что данный перевод должен сопровождаться разработкой мер, снижающих негативное воздействие на окружающую среду, которое возникает при эксплуатации топливосжигающих установок на местных видах топлива. При этом наряду с техническими мероприятиями, снижающими это воздействие, должна быть разработана нормативная база, обеспечивающая действенный контроль в этой области.

Нами предлагается разработать эколого-энергетические нормативы, которые бы регламентировали выбросы загрязняющих веществ от различных топливосжигающих установок на единицу мощности вырабатываемой тепловой и (или) электрической энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 гг.: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23 марта 2016, №248, 31 с.
2. Нижников, А. В., Савенок, В. Е. (2020), Оценка экологического ущерба при эксплуатации котельных установок: пути решения проблемы, *Промышленная безопасность*, 2020, № 1, С. 27–31.
3. Шапкина, И. М. (2012), *Организационно-управленческий механизм эффективного использования древесных ресурсов: монография*, Кострома, изд-во КГТУ, 113 с.

REFERENCES

1. State program «Energy saving» for 2016–2020 [Gosudarstvennaja programma «Jenergosberezhenie» na 2016–2020 gg.]: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus of 23 march 2016, № 248, 31 p.
2. Nizhnikov, A. V., Savenok, V. E. (2020), Assessment of environmental damage during boiler plant operation: ways to solve the problem [Ocenka jeklogicheskogo ushherba pri jekspluatácii kotel'nyh ustanovok: puti reshenija problemy], *Industrial safety*, 2020, № 1, pp. 27–31.
3. Shapkina, I. M. (2012), *Organizacionno-upravlencheskij mehanizm jeffektivnogo ispol'zovanija drevesnyh*

4. Нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: утв. Пост. Минздрава РБ №113 от 08.11.2016 г. с послед.изм., последнее: от 09.01.2018, № 6, 284 с.
5. ЭкоНП 17.01.06-001-2017. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности. Мн: Минприроды, 2017. с послед.изм., последнее: от 18.12.2019, № 6-Т, 195 с.
6. СТБ 1626.1-2006. Установки котельные. Установки, работающие на газообразном, жидком и твердом топливе / Нормы выбросов загрязняющих веществ. – Введен 19.04.2006. – Минск: Госстандарт, 2006, 11 с.
7. СТБ 1626.2-2006. Установки котельные. Установки, работающие на биомассе / Нормы выбросов загрязняющих веществ. – Введен 19.04.2006. – Минск: Госстандарт, 2006, 7 с.
8. Шимова, О. С. (2005), *Управление природопользованием и природоохранной деятельностью*, Минск, ЮПАК, 220 с.
9. Войтов, И. В., Гатих, М. А., Рыбак, В. А. (2010), Методические принципы анализа и оценок ресурсообеспеченности, природоемкости и экологичности производств как важных показателей инновационного развития экономики Беларуси, *Новости науки и технологий*, 2010, № 2 (15), С. 3–11.
- resurov: monografija* [Organizational and management mechanism for efficient use of wood resources: monograph], Kostroma, PublKSTU, 113 p.
4. Standards of MPC of pollutants in atmospheric air [Normativy PDK zagriznjajushhih veshhestv v atmosfernom vozduhe]: Resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus №113 of 08.11.2016, last mod: of 09.01.2018, № 6, 284 p.
5. EkoNiP 17.01.06-001-2017. Environmental protection and management. Requirements of environmental safety [Ohrana okruzhajushhej sredy i prirodopol'zovanie. Trebovanija jekologicheskoy bezopasnosti]. Minsk: Ministry of Natural Resources of the Republic of Belarus, 2017, last mod: of 18.12.2019, № 6-Т, 195 p.
6. State Standard 1626.1-2006. Boiler plant working on gas, liquid and solid fuel. Emission limits for pollutants [Ustanovki kotel'nye. Ustanovki, rabotajushhie na gazoobraznom, zhidkom i tverdom toplive / Normy vybrosov zagriznjajushhih veshhestv]. – Publ. 19.04.2006. – Minsk: State-standard, 2006, 11 p.
7. State Standard 1626.2-2006. Biomass plant boilers. Emission limits for pollutants [Ustanovki kotel'nye. Ustanovki, rabotajushhie na biomasse / Normy vybrosov zagriznjajushhih veshhestv]. – Publ. 19.04.2006. – Minsk: Statestandard, 2006, 7 p.
8. Shimova, O. S. (2005), *Upravlenie prirodopolzovaniem i prirodoohrannoy deyatel'nostyu* [Environmental Management], Minsk, YUPAC, 220 p.
9. Voitov, I. V., Gatih, M. A., Fisherman, V. A. (2010), Methodological Principles of Analysis and Assessments of Industrial Efficiency, Environmental Intensity and Environmental Friendliness of Production as Important Participants of Innovative Development of Belarus Economy [Metodicheskie principy analiza i ocenok resursoobespechennosti, prirodoemkosti i ekologichnosti proizvodstv kak vajnyx pokazateley innovacionnogo razvitiya ekonomiki Belarusi], *News of Science and Technology*, 2010, № 2 (15), pp. 3–11.

Статья поступила в редакцию 07.05.2020 г.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА В ТЕХНОЛОГИЯХ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF USING ELECTROMAGNETIC WAVES OF THE ULTRA-FREQUENCY RANGE IN THE FINISHING TECHNOLOGIES OF TEXTILE MATERIALS

УДК 677.0247-947:677.027:537.6

Н.Н. Ясинская*, Н.В. Скобова

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13817>

N. Yasinskaya*, N. Skobova

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ПРОПИТКА, ВИСКОЗНАЯ ТКАНЬ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ, СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЕ, СУШКА, ТЕРМОФИКСАЦИЯ

Некоторые этапы технологии заключительной отделки текстильных материалов большой толщины и поверхностной плотности – сушка и термофиксация – сопряжены с рядом проблем, особенно при использовании в качестве аппрета растворов водных дисперсий полимеров. Проявляется это в виде миграции частиц дисперсной фазы к поверхности текстильного полотна под действием теплового потока и образованию пленки. Это приводит к ухудшению эксплуатационных и специальных свойств готового изделия. Решением данной проблемы является использование для сушки электромагнитного излучения сверхвысокочастотного диапазона. Проведены исследования процесса сушки и термофиксации текстильных тканей полотен поверхностной плотностью 460 г/м^2 из вискозных нитей в среде электромагнитного излучения СВЧ-диапазона. Структурный анализ срезов полученных полотен доказал эффективность применения нового способа термообработки в сравнении с конвективной сушкой.

ABSTRACT

IMPREGNATION, TECHNICAL VISCOSE CLOTH, MICROWAVE RADIATION, DRYING, HEAT FIXATION

Some stages of the finishing technology of high thickness and surface density textiles such as drying and thermal fixing have a number of problems, especially when using solutions of aqueous polymer dispersions as an application. This manifests itself in the form of migration of particles of the dispersed phase to the surface of the textile web under the influence of heat flow and film formation. This results in deterioration of the operational and special properties of the finished product. A solution to this problem is to use ultra-high frequency electromagnetic radiation for drying. The process of drying and thermal fixing textile woven fabrics with surface density of 460 g/m^2 from viscose filaments in the medium of electromagnetic radiation of microwave range was investigated. Structural analysis of the sections of the obtained fabrics proved the effectiveness of the new heat treatment method compared to convective drying.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей операцией химической технологии текстильных материалов является заключительная отделка. Как известно [1], задачей заключительной отделки является улучшение потребительских свойств и внешнего вида тек-

стильных материалов, обеспечение долговечности и надежности изделий из них. Однако современные условия жизни человека и уровень развития техники и технологий диктуют новые требования к изделиям из текстиля. В зависимости от назначения и области применения к

* E-mail: yasinskayann@rambler.ru (N. Yasinskaya)

традиционным потребительским и эксплуатационным свойствам материалов добавляются специфические: водоотталкивание, огнестойкость, бактерицидность, антистатичность и другие. С целью придания заданных свойств материалы подвергают аппретированию специальными химическими препаратами, которые представлены на рынке текстильной химии в виде водных дисперсий полимеров. Преимуществом дисперсий полимеров перед растворами является их негорючесть, нетоксичность, малая вязкость. Недостаток использования дисперсий проявляется в неравномерности распределения в объеме текстильного материала после сушки, особенно в случае материалов большой толщины и поверхностной плотности. При высушивании возникает проблема миграции частиц дисперсной фазы к поверхности текстильного полотна и образованию пленки. Это приводит к ухудшению физико-механических, эксплуатационных и специальных свойств готового материала. Кроме того, возникают проблемы при термофиксации, так как образующаяся на поверхности пленка при высоких температурах (170–180 °С) начинает разрушаться, что также приводит к ухудшению свойств и внешнего вида материалов. Устранение проблемы может быть достигнуто исполь-

зованием нетрадиционных способов подвода тепловой энергии для сушки, в частности, электромагнитного излучения сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона [2, 3].

Целью данного исследования является оценка эффективности и целесообразности применения электромагнитных волн СВЧ-диапазона в технологии заключительной отделки на этапе сушки и термофиксации текстильных материалов из химических нитей большой линейной плотности.

Объектом исследования является техническая ткань из вискозных нитей, используемая в качестве облицовочного материала (таблица 1). Для придания ткани требуемой жесткости и водо-, грязеотталкивающих свойств проводят ее аппретирование водной дисперсией акрилата с последующей сушкой и термофиксацией.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Тканое полотно из вискозных нитей пропитывалось водной дисперсией акрилата концентрацией 100 и 500 г/л, продолжительность пропитки составляла 10 минут, температура пропиточной ванны – 20 °С. Одна часть образцов подвергалась конвективной сушке при температуре 120 °С в течение 340–400 с, другая часть СВЧ-сушке при мощности 600 Вт в течение 90 с.

Таблица 1 – Физико-механические свойства технической ткани

Наименование параметра	Значение параметра
Переплетение	креповое
Сырьевой состав	вискоза 100 %
Линейная плотность нитей, <i>текс</i> :	
– основы	195,0
– утка	380,0
Ширина суровой тканой основы, <i>см</i>	282,4
Плотность, <i>нит</i> /10 <i>см</i> :	
– по основе	105
– по утку	95
Поверхностная плотность, <i>г</i> / <i>м</i> ²	460,0
Разрывная нагрузка, <i>Н</i> :	
– по основе	1678,0
– по утку	1346,0
Разрывное удлинение, %:	
– по основе	5,2
– по утку	11,8

Продолжительность, температура пропитки и сушки выбирались в соответствии с рекомендациями производителей по использованию водной дисперсии акрилата.

Для исследования качества пропитки использован метод послойного анализа, позволяющий судить о равномерности распределения дисперсии по объему ткани [4, 5]. Количество отложившейся дисперсионной фазы определялось на уточных нитях длиной 10 см, взятых из различных слоев пропитанного полотна, путем их взвешивания и вычитания из найденного значения веса таких же нитей, взятых из непропитанного тканого полотна. Взвешивание нитей осуществлялось на лабораторных аналитических весах с точностью 0,0001 г. Применение вискозных нитей при изготовлении технической ткани позволяет минимизировать погрешность по массе отрезков нитей от неровноты по линейной плотности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты проведенных экспериментов представлены на рисунках 1, 2.

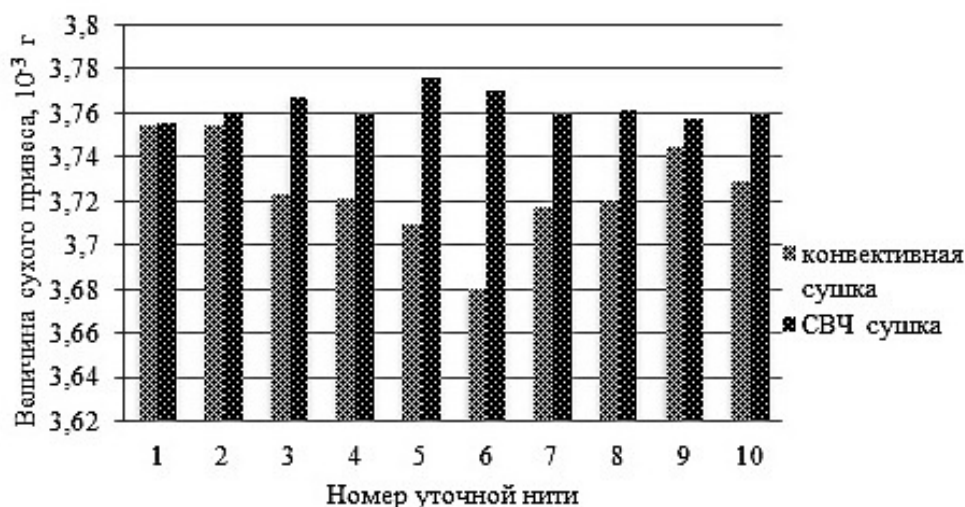


Рисунок 1 – Величина сухого привеса нитей утка тканого полотна при концентрации дисперсии 100 г/л

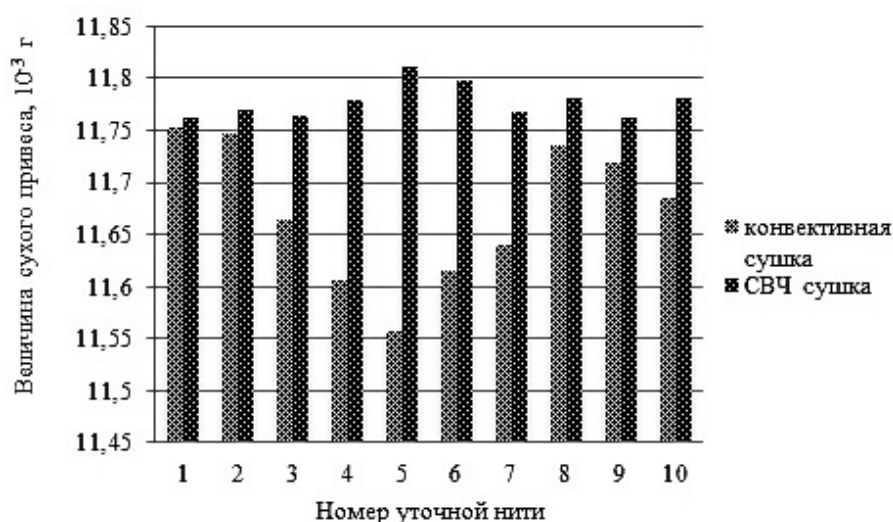


Рисунок 2 – Величина сухого привеса нитей утка тканого полотна при концентрации дисперсии 500 г/л

Как видно из представленных диаграмм, в случае конвективной сушки количество отложившейся дисперсной фазы в глубинных слоях материала меньше, чем в поверхностных. Это подтверждает миграцию частиц водной дисперсии полимера к поверхностным слоям вместе с удаляемой при конвективной сушке влагой. При СВЧ-сушке влага удаляется в виде пара, не увлекая дисперсную фазу к поверхности материала.

Так как сушка осуществляется изнутри наружу, поверхность материала остается «холодной» и влажной до тех пор, пока изнутри больше не добавится пара и поверхность не начнет сохнуть. Это предотвращает, во-первых, преждевременное образование полимерной пленки, которая препятствует сушке глубинных слоев, во-вторых, длительное действие высоких температур на волокнообразующий полимер и частицы полимерного связующего, которое вызывает деструкцию волокна и полимера, в результате чего происходит ухудшение свойств готового материала.

Эффективность СВЧ-обработки подтвердилась исследованиями процесса сушки ткани из вискозных нитей поверхностной плотности 460 г/м² (таблица 2).

Образованная после сушки пленка полимер-

ного связующего характеризуется наличием нескоаггированных глобул, неоднородной структурой, что не обеспечивает придание требуемых свойств готовому материалу. Следующая после сушки операция – термофиксация – необходима для структурирования полимерной пленки на поверхности волокнистого материала, что достигается при температуре 160–180 °С. В процессе термофиксации материал приобретает такие специальные свойства, как жесткость, водо-, грязеотталкивание.

Для подтверждения эффективности использования энергии волн СВЧ-диапазона при термофиксации проведены экспериментальные исследования зависимости жесткости пропитанного полимерной дисперсией тканого полотна из вискозных нитей от продолжительности СВЧ-нагрева, с последующим сравнением с эталонным образцом (материал, подготовленный по традиционной технологии: плюсование аппретом и последующей конвективной сушкой и термофиксацией).

В таблице 3 представлена последовательность операций и режимы формирования специальных свойств эталонного образца и объекта исследований.

Таблица 2 – Сравнительный анализ конвективной и СВЧ сушки технической ткани из вискозных нитей

Наименование показателя	Концентрация дисперсии 100 г/л		Концентрация дисперсии 500 г/л	
	конвективная сушка	СВЧ-сушка (600 Вт)	конвективная сушка	СВЧ-сушка (600 Вт)
Продолжительность сушки, с	340	90	400	90
Содержание дисперсной фазы в количестве дисперсии, соответствующей привесу нитей, %	16,2		35,5	
Общее количество адсорбированной дисперсии на нитях при традиционной пропитке, % от массы сухих нитей	9,5	9,6	29,8	30,0
Общее количество адсорбированной дисперсии на нитях при СВЧ-сушке, % от массы сухих нитей	–	14,3	–	32,8
Относительный прирост количества адсорбированной дисперсии, %	–	48,9	–	9,3
Коэффициент вариации величины сухого привеса уточных нитей по слоям, %	0,65	0,17	0,54	0,12

Таблица 3 – Последовательность операций при формировании

Традиционная технология	Формирование в условиях СВЧ-обработки
Пропитка дисперсией акрилата (200 г/л) $t = 20^\circ \text{C}$, $\tau = 600 \text{ с}$	
Отжим – 80 % влагосодержания	
Сушка $t = 140^\circ \text{C}$; $\tau = 360 \text{ с}$	СВЧ-обработка $P_{\text{ген}} = 300 \text{ Вт}$, 600 Вт , 850 Вт , $\tau = 90 \text{ с}$
Термофиксация $t = 170^\circ \text{C}$, $\tau = 120 \text{ с}$	–

Графическая зависимость показателя жесткости ткани от продолжительности термофиксации представлена на рисунке 3. Вид полученных зависимостей свидетельствует о том, что процесс СВЧ-обработки протекает в две стадии. Как видно, на начальном этапе обработки происходит сушка ткани и показатель жесткости изменяется незначительно. Продолжительность этой стадии составляет 25–50 с в зависимости от мощности СВЧ-излучения.

Сушка происходит в режиме запаривания, что облегчает диффузию дисперсных частиц полимера в волокнистый материал за счет пластифицирующего действия водяного пара.

Вторая стадия соответствует операции термофиксации. Скорость изменения показателя жесткости при СВЧ-нагреве значительно выше, чем при термообработке в среде горячего воздуха. Это можно объяснить большей скоростью диф-

фузии дисперсных частиц в структуру волокнистого материала и значительным разогревом в СВЧ-поле по всему объему.

Использование СВЧ-нагрева в технологии формирования специальных свойств позволяет совместить операции сушки и термофиксации, сократить продолжительность теплового воздействия на материал [6].

Результаты исследования процесса придания декоративной ткани водо-, грязеотталкивающих свойств (рисунок 4) показали, что краевой угол смачивания практически не отличается от значений по традиционной технологии (для полноты анализа пропитку материала проводили дисперсией акрилата с концентрацией 100, 200, 300, 400 и 500 г/л). Это связано с тем, что достижение необходимого эффекта отталкивания смачивающей жидкости не зависит от глубины и равномерности распределения гидрофобизато-

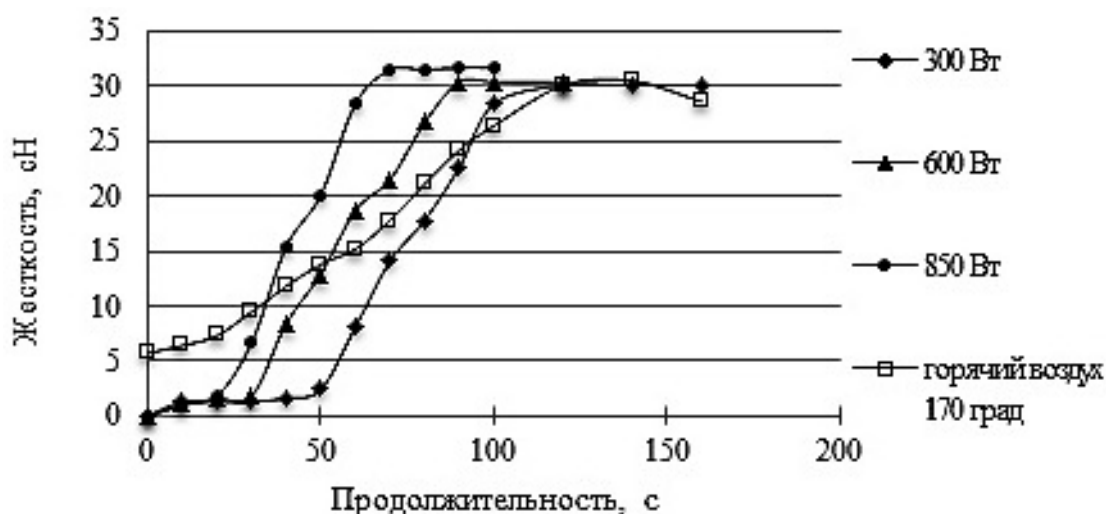


Рисунок 3 – Зависимость показателя жесткости ткани от продолжительности термофиксации

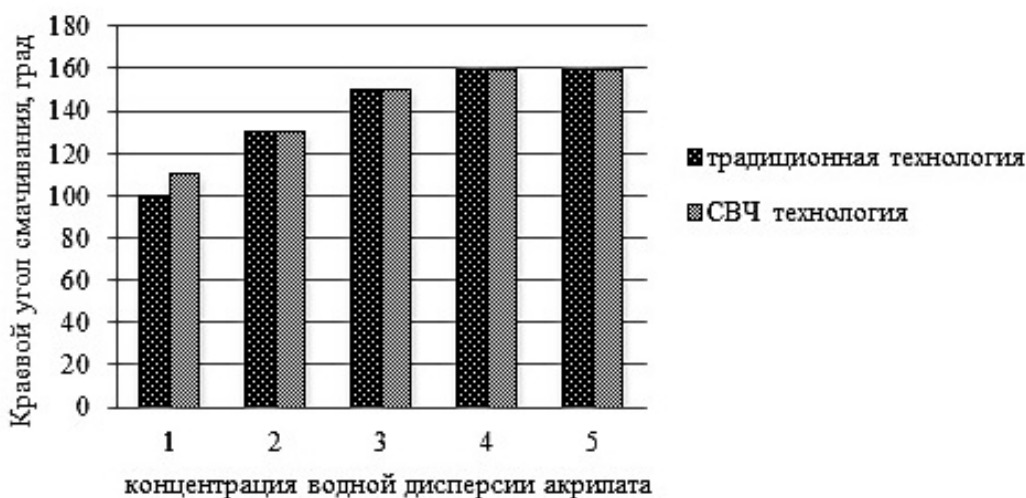


Рисунок 4 – Результаты исследования водо-, грязеотталкивающих свойств декоративной ткани: 1 – 100 г/л; 2 – 200 г/л; 3 – 300 г/л; 4 – 400 г/л; 5 – 500 г/л

ра. Образующаяся на поверхности пленка, даже в случае значительной миграции дисперсной фазы, создает требуемые показатели водоотталкивания. Однако, необходимый эффект достигается при значительном сокращении продолжительности термообработки.

ВЫВОДЫ

В результате сравнительного анализа сушки и термофиксации декоративных тканых полотен из вискозных нитей в условиях конвективной и СВЧ-обработки доказано преимущество последней, а именно:

- при пропитке тканого полотна в условиях СВЧ-обработки повышается степень полезного

использования водной дисперсии полимера, так как количество дисперсной фазы отложившейся на нитях немного ниже ее содержания в количестве дисперсии, соответствующей привесу нитей;

- в условиях СВЧ-сушки значительно снижается миграция дисперсной фазы к поверхностным слоям материала, о чем свидетельствует коэффициент вариации величины сухого привеса уточных нитей по слоям;

- доказана возможность совмещения операции сушки и термофиксации при использовании СВЧ-воздействия на текстильный материал.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кричевский, Г. Е. (2001), *Химическая технология текстильных материалов*, Т. 3, Москва, 298 с.
2. Сафонов, В. В. (2006), *Интенсификация химико-текстильных процессов отделочного производства*, Москва, 405 с.

REFERENCES

1. Krichevskij, G. E. (2001), *Himicheskaja tehnologija tekstil'nyh materialov* [Chemical technology of textile materials], V. 3, Moscow, 298 p.
2. Safonov, V. V. (2006), *Intensifikacija himiko-tekstil'nyh processov otdelochного proizvodstva* [Intensification of chemical-textile processes of finishing production], Moscow, 405 p.

3. Побединский, В. С. (2000), *Активирование процессов отделки текстильных материалов энергией электромагнитных волн ВЧ, СВЧ и УФ диапазонов*, Иваново, 128 с.
4. Воюцкий, С. С. (1969), *Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров*, Москва, 336 с.
5. Ясинская, Н. Н., Мурычева, В. В. (2016), Исследование распределения дисперсии стиролакрилата по объему тканой основы при формировании текстильного композиционного материала, *Известия Высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*, 2016, № 3, С. 36–39.
6. Ясинская, Н. Н., Ольшанский, В. И., Коган, А. Г. (2019), *Термообработка при формировании композиционных текстильных материалов*, Витебск, 162 с.
3. Pobedinskij, V. S. (2000), *Aktivirovanie processov otdelki tekstil'nyh materialov jenergiej jelektr magnitnyh voln VCh, SVCh i UF diapazonov* [Activation of the processes of finishing textile materials with the energy of electromagnetic waves of the high, microwave and UV ranges], Ivanovo, 128 p.
4. Vojuckij, S. S. (1969), *Fiziko-himicheskie osnovy propityvanija i impregnirovanija voloknistyh sistem vodnymi dispersijami polimerov* [Physico-chemical principles of impregnation and impregnation of fibrous systems with aqueous dispersions of polymers], Moscow, 336 p.
5. Yasinskaya, N. N., Murycheva, V. V. (2016), Investigation of the distribution of styrene-acrylate dispersion over the volume of the woven base during the formation of textile composite material [Issledovanie raspredelenija dispersii stirolo-akrilata po obemu tkanoj osnovy pri formirovanii tekstil'nogo kompozicionnogo materiala], *Izvestija Vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija legkoj promyshlennosti – News of higher education institutions. Light Industry Technology*, 2016, No. 3, pp. 36–39.
6. Jasinskaja, N. N., Ol'shanskij, V. I., Kogan, A. G. (2019), *Termoobrabotka pri formirovanii kompozicionnyh tekstil'nyh materialov* [Heat treatment in the formation of composite textile materials], Vitebsk, 162 p.

Статья поступила в редакцию 09. 04. 2020 г.

СОЦИАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ КАК ИНСТРУМЕНТ СПЕЦИАЛИСТА ПО УПРАВЛЕНИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ ОРГАНИЗАЦИИ

SOCIAL DATA AS A TOOL FOR AN ORGANIZATION'S HUMAN RESOURCES MANAGEMENT SPECIALIST

УДК 331.1+004.89

И.Н. Калиновская*

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13818>

I. Kalinouskaya*

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ТЕХНОЛОГИЯ PEOPLE DATA, СОЦИАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ, УПРАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ, ПОДБОР ПЕРСОНАЛА, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Объемы, изменчивость, скорость генерации, разнообразие социальных данных требуют от аналитиков и управленческого состава организации новых технологичных способов их получения, накопления и обработки. Для этих целей используется технология People Data, позволяющая обрабатывать данные о человеческих ресурсах, полученные из внешней и внутренней среды организации. Анализ используемых на сегодняшний день направлений People Data в управлении человеческими ресурсами (HR-менеджменте) показал узость технического инструментария и технологических решений в управлении человеческими ресурсами.

Для решения данной проблемы предлагается использовать программные продукты с технологией Big Data на базе искусственного интеллекта. Цель исследования состоит в изучении применения HR-специалистами цифровых технологий при получении и анализе социальных данных. На основании проведенных исследований разработана архитектура программного продукта, позволяющего с помощью технологий кадрового профайлинга по электронным следам в соцсетях оценить степень готовности соискателя выполнять круг профессиональных обя-

ABSTRACT

PEOPLE DATA TECHNOLOGY, SOCIAL DATA, HUMAN RESOURCES MANAGEMENT, PERSONNEL SELECTION, ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Volumes, variability, speed of generation, variety of social data require new technological ways of their reception, accumulation and processing from analysts and administrative structure of the organization. For these purposes the People Data technology is used, allowing to process the data on the human resources received from external and internal environment of the organization. The analysis of People Data directions used today in HR management has shown the narrowness of technical tools and technological solutions in human resources management.

To solve this problem, it is proposed to use software products with Big Data technology based on artificial intelligence. The aim of the research was to study the application of digital technologies by HR specialists in receiving and analyzing social data. On the basis of the conducted research the architecture of the software product was developed, which allows with the help of technologies of personnel profiling by electronic traces in social networks to estimate the degree of readiness of the applicant to fulfill the range of professional duties of the position which they apply for. "HR Analytics" software product on the basis of artificial intelligence is offered for collection and analysis of social data during personnel selection. The advantages of this program are the follow-

* E-mail: i-kalinovskaya@yandex.by (I. Kalinouskaya)

занностей должности, на которую он претендует. Для сбора и анализа социальных данных при подборе персонала предлагается программный продукт HR Analytics на базе искусственного интеллекта. Достоинством данной программы является: быстродействие, прозрачность процесса анализа собранной информации, получение расширенного списка деловых качеств и личностных характеристик кандидата, простота восприятия итогового отчета о претенденте на должность, возможность экспорта отчета в формате Excel для дальнейшей работы с данными. Рассмотрена практическая применимость предложенной программы в управлении человеческими ресурсами.

ing: speed, transparency of the process of analysis of the collected information, obtaining an extended list of business qualities and personal characteristics of the applicant, the ease of perception of the final report on the candidate for the position, the ability to export the report in Excel format for further work with the data. The practical applicability of the proposed program in human resources management is considered.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире информация является ведущим ресурсом всех отраслей экономики и оказывает существенное влияние на производство и инфраструктуру. Информационная система поддерживает такие важные бизнес-процессы управления человеческими ресурсами, как кадровый учет, учет рабочего времени, подбор, адаптация персонала, его оценка и ранжирование, составление социального пакета, планирование обучения и развития персонала, подготовка отчетов и статистического анализа, формирование кадрового резерва, экономический анализ деятельности персонала и другие [1, 2]. Огромная доля сведений приходится на социальные данные – особую совокупность информации о человеке, полученную из социальных медиа [3, стр. 17]. Люди оставляют большое количество цифровых следов в социальных сетях Facebook, Twitter, Вконтакте и так далее, при поиске в Google и Яндекс, совершая покупки в интернет-магазинах, общаясь по Skype, перемещаясь самостоятельно либо в автомобиле с телефоном и другими устройствами, имеющими GPS-приемники, устанавливая системы умного дома, контактируя через аккаунты своих страниц соцсетей с друзьями, коллегами, совершая разовые контакты. Все эти и многие другие источники информации позволяют создать уникальный портрет личности, а накопленная таким образом информация аккумулируется в различных базах

данных для дальнейшего анализа с целью представления о предпочтениях, выявления трендов, составления прогнозов.

Однако в большинстве случаев имеющиеся данные, собранные фрагментарно и разрозненно, оказываются слабо структурированными, недостаточными, сопряженными с риском ошибки, что влияет на их интерпретацию и качество принимаемых управленческих решений. Весь объем ежемоментно появляющейся информации (активной и пассивной, обязательной и произвольной, точной и приблизительной) хранить и обработать с помощью традиционных инструментов анализа и управления данными (Excel, SPSS, OLAP, SAP и другими) уже не представляется возможным. Для решения данной проблемы на помощь аналитикам и руководителям всех уровней организации приходит технология Big Data, использующая возможности искусственного интеллекта и позволяющая обрабатывать и структурировать информацию, находить в ней взаимосвязи.

Невзирая на эффективность современных технологий и программных продуктов, мнение человека должно оставаться основополагающим элементом при оценке альтернатив, которые предполагают принятие управленческого решения, касающегося функционирования организации и разработки стратегии ее дальнейшего развития. Программные продукты на базе искусственного интеллекта не должны руководить

организацией, они расширяют спектр возможностей для принятия решений специалистами в области управления человеческими ресурсами.

Направления использования Big Data в работе специалистов по управлению человеческими ресурсами

Технология Big Data вместе с интернетом вещей, цифровизацией, машинным обучением и искусственным интеллектом считается основой четвертой промышленной революции [4, 5]. Изначально развитие технологии в большей степени было ориентировано на банковскую сферу, биржевую деятельность и прогнозирование конъюнктуры рынка. В последнее десятилетие Big Data совместно с искусственным интеллектом преобразована в инструмент управления человеческими ресурсами [6]. На рисунке 1 указаны задачи подбора кадров, в которых искусственный интеллект в 2020 году представляет наибольшую ценность.

С 2013 года Big Data в HR менеджменте приняла самостоятельное направление – People Data (технология обработки всего спектра данных о человеческих ресурсах, полученных как из внешней среды организации, так и сгенерированных внутри неё, для принятия управленческих решений, направленных на реализацию

бизнес-целей). В таблице 1 приведены направления применения People Data в сфере управления человеческими ресурсами.

Разработка программного продукта с технологией People Data для сферы управления человеческими ресурсами

Потенциал возможностей новых технологий раскрывается при наличии соответствующих инструментов, однако анализ направлений использования People Data в сфере HR-управления выявил их ограниченность. Одним из путей решения возникшей проблемы могут служить программные продукты на базе искусственного интеллекта, разработанные под решение конкретных задач управления человеческими ресурсами.

Так, при подборе потенциальных кандидатов на рабочие места с целью автоматизации процесса сбора информации из социальных сетей, мессенджеров, поисковых систем и специализированных баз данных, ее анализа и формирования отчета о личностных (природные и социальные), профессиональных (навыки и знания) и управленческих (лидерство и администрирование) компетенциях правомерно предложить программный продукт HR Analytics на базе искусственного интеллекта (рисунок 2).

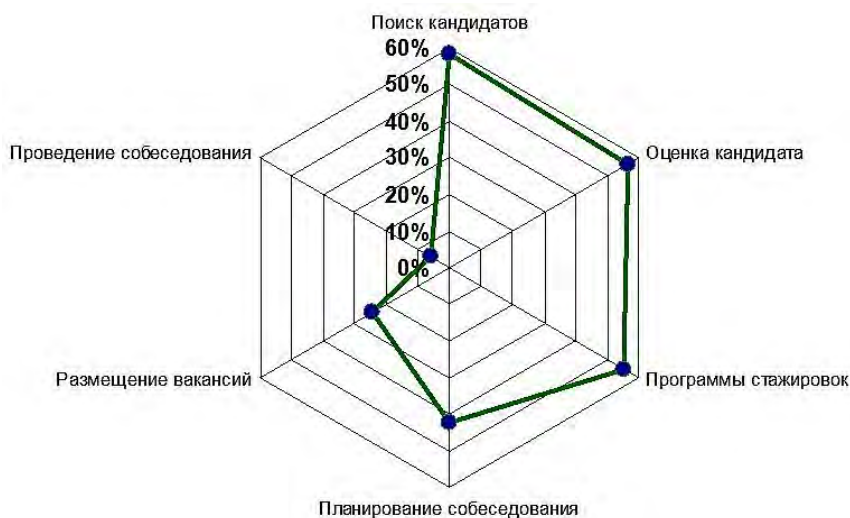


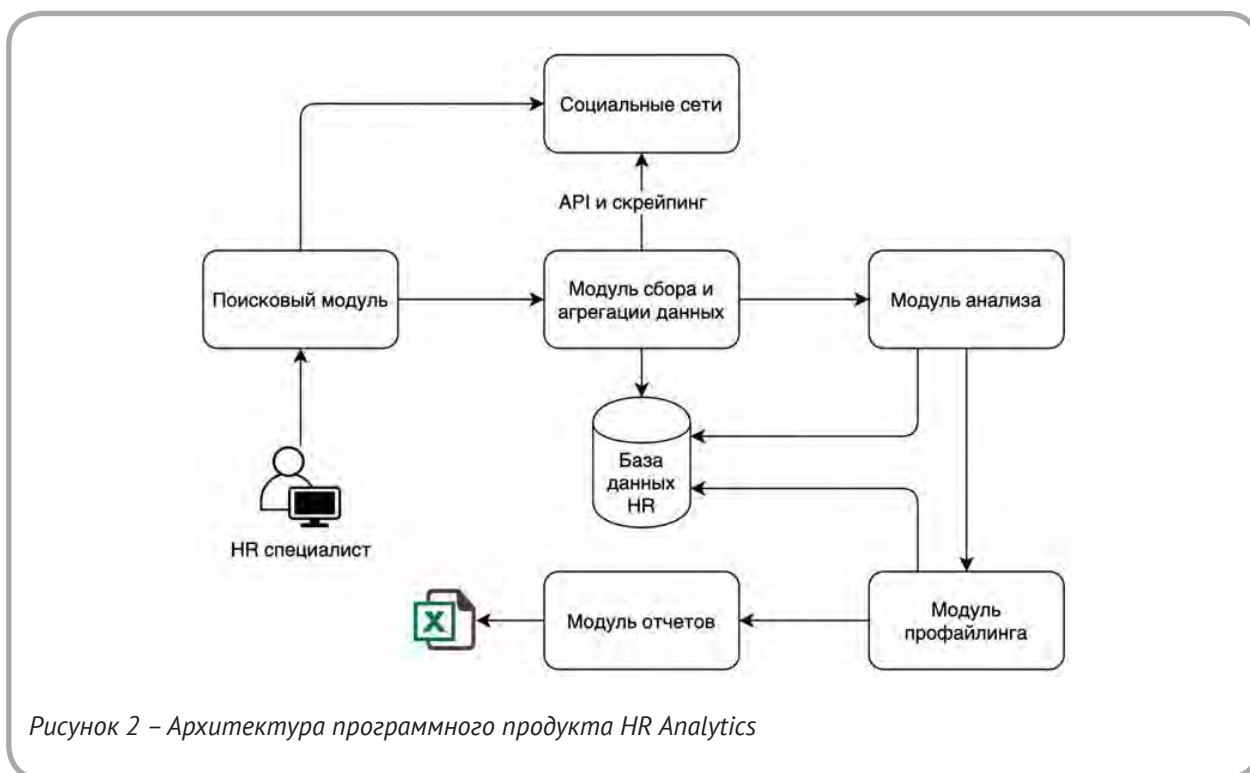
Рисунок 1 – Применение искусственного интеллекта при подборе кадров

Источник: [7].

Таблица 1 – Направления использования People Data в сфере управления человеческими ресурсами

Направления использования	Актуальные направления управления человеческими ресурсами				
	Мотивация персонала	Подбор персонала	Оценка, обучение и карьера персонала	Эффективность персонала	Лояльность персонала
Данные	Мотивы, KPI, доходы, нематериальные стимулы, логи в системах	Информация о соискателе, индекс соответствия должности и компании, результаты работы на прошлом месте	Полученное обучение и влияние на результаты деятельности. Профиль компетенций	Производительность труда. HR-метрики по каждой функции	Индексы лояльности и вовлеченности в разрезе факторов. Логи в системах. Почтовые и чат-сообщения
Методы анализа	Семантические сервисы и онтология, Big Data	Анализ социальных сетей и Интернета по цифровому следу. Обнаружение аномалий	Расчет метрик. Модель Киркпатрика. Профилирование значений	Эконометрика. Расчет метрик. Профилирование стоимости сотрудника	Сегментация и кластеризация. Контекстный анализ
Цели	Повышение производительности труда с учетом влияния на мотивацию персонала	Подбор работников, чья система ценностей оптимально подходит для организации	Лучшие работники на оптимальных для них рабочих местах с целью максимально эффективного достижения организационных целей	Максимизация эффективности затрат на персонал с точки зрения оптимального соотношения затрат и результатов на уровне организации, отдела, работника	Максимизация уровня лояльности работников с учетом происходящих изменений
Технологии	–	Тестирование работников, анализ цифрового следа соискателя	Оценка компетенций работника, их влияния на достижение ключевых KPI и метрик	–	Опросные методы, анализ риторики и действий работника для оценки изменения его отношения к работе
Перспективные направления	Полностью автоматизированная и донстраиваемая система мотивации работников	Машинный подбор оптимальных соискателей на работу под заказ бизнеса	Система рекомендаций для развития и карьерного продвижения работников	Комплексная система оценки факторов, влияющих на производительность труда в организации	Система предсказания лояльности работника на перспективу с учетом предиктивного анализа

Источник: [8].



Источник: составлено автором.

Программный продукт HR Analytics включает пять логических модулей.

Поисковый модуль (Social Media Search) предназначен для обнаружения информации о кандидате в интернет-пространстве с помощью специализированных программных продуктов Find Face (поиск через фотографию пользователя), Pipl (поиск по номеру телефона, электронной почте, имени), Login.stop-list.info (поиск по никнейму).

Модуль сбора и агрегации данных (Social Media Collecting) извлекает информацию из обнаруженных источников программой, разработанной на языке Python. Перечень агрегируемых данных о пользователе представлен на рисунке 3 в виде социального графа – графа, узлы которого представлены социальными объектами (пользовательскими профилями с различными атрибутами), а ребра – социальными связями между ними.

Сбор социальных данных осуществляется с использованием:

- публичных API социальных сетей. API социальных сетей – это прикладной программный интерфейс, используемый для взаимодействия с внешними системами;

- подходов скрейпинга информации с помощью фреймворка Scrapy. Фреймворк Scrapy – это скоростной высокоуровневый фреймворк веб-скрейпинга, применяемый для сканирования веб-сайтов и извлечения структурированных данных из их страниц.

Собранные сведения поступают и сохраняются в базе данных MongoDB – системе документо-ориентированных баз данных, относящейся к семейству систем NoSQL и позволяющей сохранять структурированные данные в виде документов в формате JSON.

Модуль анализа (Social Media Analysis). Выбор методики анализа объектов социальной сети осуществлялся исходя из предположения о том, что предпочтенная человеком профессия соответствует его личности, ценностям и интересам. Совместные исследования технологического университета Сиднея и Мельбурнского университета по установлению взаимосвязи между профессией и чертами характера, выявленными через электронные следы в социальных сетях, подтверждают данную теорию [9]. По результатам исследования установлено, что люди одной профессии имеют схожие черты характера, таким образом возможно составить перечень

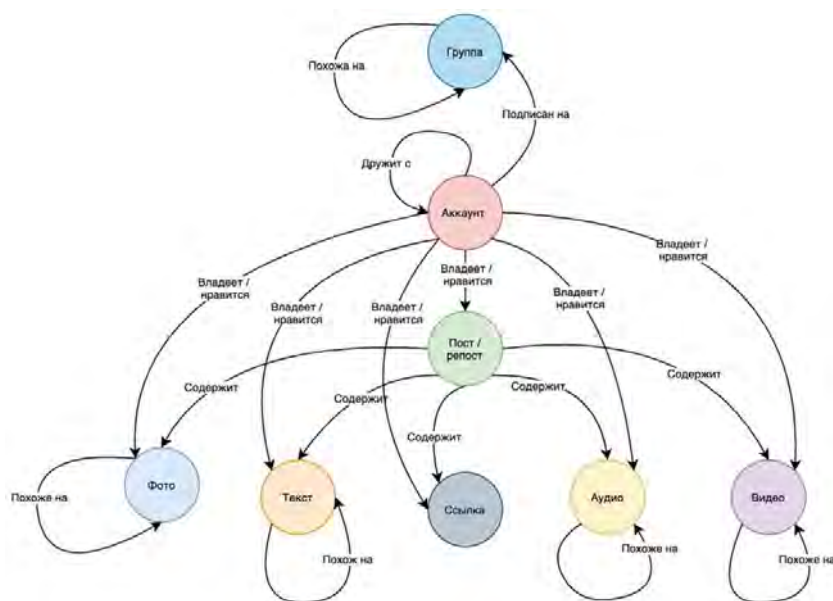


Рисунок 3 – Социальный граф структуры пользовательских данных социальной сети

Источник: составлено автором.

личностных качеств, присущих определенной профессии и должности. Классическим инструментом классификации личностных качеств, примененным в исследованиях [9], является пятифакторная модель личности Л. Голдберга (модель «Большая пятерка»), предполагающая, что человек обладает пятью общими и относительно независимыми чертами: экстраверсией – интро-

версией, доброжелательностью – агрессивностью, добросовестностью – несознательностью, нейротизмом – эмоциональной стабильностью, открытостью опыту – закрытостью. На рисунке 4 представлено распределение черт по модели «Большая пятерка» в зависимости от рода занятий.

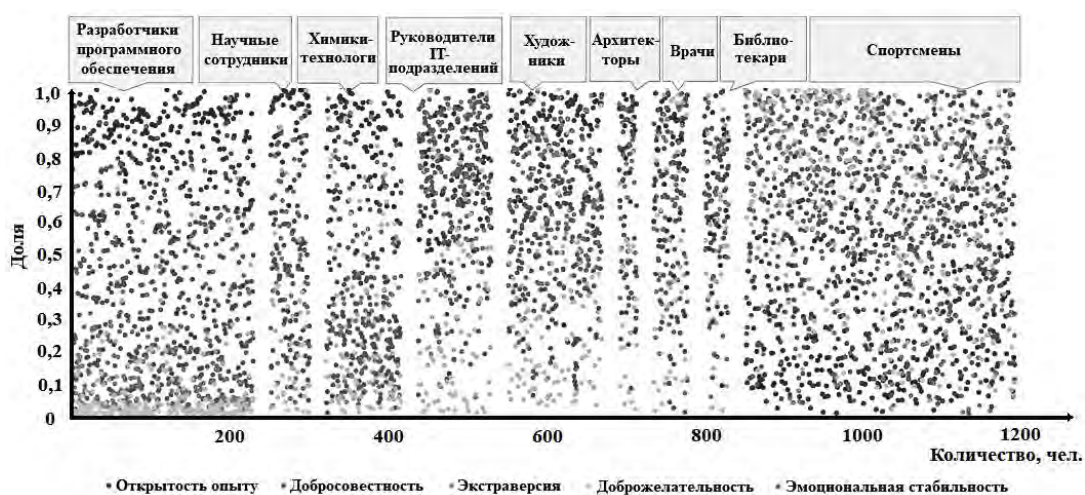


Рисунок 4 – Распределение факторов модели «Большая пятерка» внутри различных профессий

Источник: составлено автором.

Так, согласно модели «Большая пятерка» программисты и ученые более открыты для различных видов деятельности, интеллектуальны, любопытны, склонны мыслить символами и абстракциями, а спортсмены – более добросовестны и организованы.

Как показал анализ работ по установлению соответствия информации из аккаунтов в социальных сетях с психологическими характеристиками их владельцев [10–13], большинство проведенных исследований основано на применении модели «Большая пятерка». Однако на сегодняшний день разработана расширенная классификация черт и личностных качеств человека «Метапрограммы личности» (базовые фильтры восприятия человека и фокусирования его внимания, которые применяются ко всему спектру опыта и определяют образ мышления, актуальные ценностные ориентации, личностные качества, стереотипное поведение, привычки, принципы и образ жизни), позволяющая разграничивать профессиональные характеристики даже смежных профессий [14]. Таким образом модуль анализа соотносит собранную информацию по формальным признакам с метапрограммами личности. Наличие корреляции между социальными данными и личностными характеристиками доказано рядом исследований [13, 15–17]. В таблице 2 приведены выявленные соответствия данных из аккаунтов социальных сетей метапрограммам.

Исследование данных на соответствие метапрограммам позволяет выявить сильные, умеренные и слабые метапрограммные профили у конкретного человека, на основании чего в программном модуле профайлинга формируется итоговый список характеристик и возможностей соискателя [18].

Составление профиля кандидата на должность на основе обработки социальных данных: возможности и ограничения

Анализ профиля кандидата целесообразно проводить с помощью методов многоклассовой классификации на основании сверточных нейросетей [19–20]. Особенностью данного вида классификации является то, что его можно использовать как для обработки текста, так и для анализа фотографий, размещенных в профилях пользователей, что позволяет унифицировать

методику сбора и подготовки данных, обучения и оценки метрики качества модели классификаторов.

Поскольку решение задачи многоклассовой классификации трудоемко, и определение оценки качества полученной модели затруднительно, правомерно свести задачу к построению более простых в решении и точных в оценке бинарных классификаторов. Для этого рассматривается ***K*** задач бинарной классификации, где каждый класс изображения отделяется от всего набора остальных классов (по принципу «каждый против всех»). В качестве окончательного класса для заданного изображения выбирается класс, вероятность которого максимальна среди всех полученных значений.

С целью оценки качества модели такого классификатора используется метрика ***AUC-ROC*** (***AUC*** Area Under the Curve – площадь под кривой ошибок; ***ROC*** Receiver Operating Characteristic – кривая ошибок), позволяющая наиболее точно оценить модель и качественно обучить ее на имеющейся выборке данных. Предлагаемая метрика определяется тем фактом, что чем больший ***TPR*** (True Positive Rate – количество носителей признака, верно классифицированных, как несущие признак) возможно получить при меньшем ***FPR*** (False Positive Rate – количество объектов, не несущих признак, ошибочно классифицированных, как несущие признак), тем лучше качество классификатора. Вычисляется данная метрика как площадь под кривой ошибок ***ROC*** (рисунок 5).

Данный подход для классификации эффективен и при эмоциональном анализе текстов. В этом случае изменяется структура и последовательность слоев сверточной нейросети, а на вход вместо изображения подается векторное представление слов текста (Word Embeddings). Использование сверточной нейронной сети позволяет классификатору учитывать в совокупности контекст и содержимое текста, а не классифицировать его на основании отдельного набора слов, что повышает качество классификации.

Модуль профайлинга (Human Resources Profiling) формирует итоговый список характеристик кандидата и заносит его в базу данных ***HR***. Формируемый список метрик, составленный по классификационным признакам полю-

Таблица 2 – Соответствие социальных данных метапрограмм личности

Метапрограмма мотивации	
Мотивация ОТ	Мотивация К
Преобладают цитаты и посты с применением частицы «не-»	Предпочтения отданы ритмичной музыке
На фото в большом количестве присутствует темный цвет	На фото превалируют яркие цвета
В постах много критики, цинизма, недовольства, черного юмора	Членство в группах «Стань успешным»
Цитаты с нересурсной картиной мира	Цитаты с ресурсной картиной мира
Убеждения и установки: «Мой дом – моя крепость», «Лучше синица в руках, чем журавль в небе», «Не надо никуда идти – нам там рады не будут», «Бесплатный сыр только в мышеловке»	Убеждения и установки: «Бери от жизни всё. Прямо сейчас», «Если быть, то в чем-то первым», «Жизнь состоит не из проблем, а из их решений!», «Я способен на большее, и поэтому заслуживаю большего»
Метапрограмма «Стиль реагирования»	
Активность	Рефлексия
Предпочтения отданы ритмичной, современной, активной музыке	Предпочтения отданы ретро и классической музыке
На фото отражены активные события, занятия, спорт. Представленные события и фото происходят за пределами дома	На фото отражены дом, семья, домашние животные, спокойные места
Пользователь пишет посты, но не делает репосты	Пользователь отвечает на посты, делает репосты
«Неритмичное» ведение страницы	Убеждения и установки: «Тише едешь – дальше будешь», «Лучше меньше, да лучше», «Лучше не сделать ничего, чем сделать неправильно», «Инициатива наказуема»
Убеждения и установки: «Чем дольше мы будем об этом думать, тем меньше у нас будет желания что-либо сделать», «Всё зависит от меня. Я могу и должен позаботиться о себе сам»	
Метапрограмма референции	
Внешняя референция	Внутренняя референция
Преобладают групповые фотографии	Преобладают одиночные фотографии, чаще самого пользователя
Много цитат с указанием авторства	Приводятся цитаты без указания авторства
Расставлены ссылки на источники	Убеждения и установки: «Я сам всё знаю и сам всё решу. Не смейте мне указывать!», «Я всегда прав. Если я не прав, то смотри пункт №1», «Для того чтобы начать что-то делать, нужно понимать, зачем мне это нужно», «Мне не важно, что вы думаете обо мне. Важно, чтобы вы делали то, что я от вас хочу»
Убеждения и установки: «Если сам гарантированно не знаешь, спроси у другого», «Самое ужасное наказание – игнорирование», Главное – сохранить хорошие отношения, не ссориться и не конфликтовать»	
Метапрограмма «Поиск и использование информации»	
Возможности	Процедуры
Большое количество интересов, контекстов, фото, музыки, групп, видео	На странице прослеживается 2–3 контекста
Отсутствие конкретики в интересах	Не частое, но регулярное ведение страницы
Огромное количество друзей и подписчиков	Небольшое количество групп, друзей, подписчиков
Убеждения и установки: «Мир предсказуем и структурирован», «Порядок в голове – порядок снаружи», «Всё достаточно просто: есть плохое, есть хорошее; правильное и неправильное; черное и белое»	Убеждения и установки: «Мир непредсказуем, хаотичен и нестабилен», «Всегда есть выбор. Если выбирать не из чего, то я в этом не участвую», «Кто не рискует, тот не пьет шампанское!»

Окончание таблицы 2

Метапрограмма «Уровень общения и конкретизации информации»		
Общее	Детали	
Большой, исчерпывающий объем личной информации	Минимальное количество личной информации либо перегруженность ею	
Участие в 5-7 группах	Либо полное отсутствие участия в группах, либо сотни групп, цитат, фильмов	
Убеждения и установки: «Совпадений и случайностей не бывает», «На некоторые неприятные факты вполне допустимо закрыть глаза, если в целом все устраивает», «За двумя зайцами погонишься – ни одного не поймаешь»	Убеждения и установки: «Закономерности всегда состоят из деталей. Зная детали, всегда можно дойти до сути», «Концентрация на одном направлении не гарантирует того, что это правильное направление», «Не всё в мире так однозначно, как кажется на первый взгляд».	
Метапрограмма «Стиль восприятия»		
Ассоциация	Диссоциация	
На странице пользователя много постов, интересов	На странице минимальное количество фото, постов, людей, событий	
Все посты и фото эмоциональные, выразительные, интригующие	Посты и фото описательные и информационные	
Человек естественен на неожиданных снимках	Выставляемые фото имеют постановочный характер	
Убеждения и установки: «Нет эмоций и чувств – нет жизни», «Не всё можно купить за деньги. Есть вещи гораздо интереснее денег», «Сначала будем проверять всех на лояльность, и только потом – на профессионализм!»	Убеждения и установки: «Логика и интеллект гораздо важнее эмоций и чувствительности», «Держи всех на расстоянии. Тот, кто находится близко, может быть опасен», «Делать несколько дел одновременно? Легко!»	
Метапрограмма «Локус сравнения»		
Сходство	Различие	Сходство с различием
Малое количество людей на фото	Отсутствие повторений в цитатах, постах, контекстах	Большое количество людей на фото
На всех фото одни и те же люди		Отсутствует регулярность ведения страницы
На странице прослеживается 2–3 контекста	Одновременное присутствие противоположных по смыслу контекстов	Большое количество контекстов и персон
Все цитаты и контексты схожи	Постоянная смена контекстов, интересов, людей	Контексты и персоны могут не повторяться
Убеждения и установки: «Старый друг лучше новых двух», «Дисциплина и трудолюбие важнее таланта и удачи», «Нам не нужны революции и потрясения. Пусть всё будет так, как есть»	Убеждения и установки: «Чем новее, тем лучше. Чем старше, тем скучнее», «Я не такой, как вы. Я не такой, как вы думаете. Я вообще не такой!», «Мир конкурентен, заботься только о себе»	Убеждения и установки: «Чужого не бери, своего не отдавай», «Поспешись – людей насмешись», «Делай то, что мне даст дивиденды», «Эволюция лучше революции и стагнации»
Метапрограмма «Локус внимания»		
Сам	Другой	Система
Все фото сфокусированы на человеке	Много фото с другими людьми	На странице большинство фото с природой, городами, окружающим миром
Прослеживаются ссылки на собственные достижения, успехи, опыт, мнение	В текстах ссылки на коллег, друзей, знакомых и так далее	Минимальное количество фото с изображением людей
Убеждения и установки: «Я заслуживаю гораздо большего, чем все остальные», «Мне нужно не так уж и много: всеобщая любовь и неограниченная власть», «Обязательно нужно чем-то выделяться на фоне серой массы»	Много фото животных	Убеждения и установки: «Логика и интеллект гораздо важнее эмоций», «Работник – это не человек, а функция. Неважно, кто ее реализует, – важно, чтобы она реализовывалась»
	Присутствуют репосты с благотворительностью	
	Убеждения и установки: «Человека украшает скромность и сдержанность», «Хорошая команда – залог успеха»	

Источник: составлено по [14].

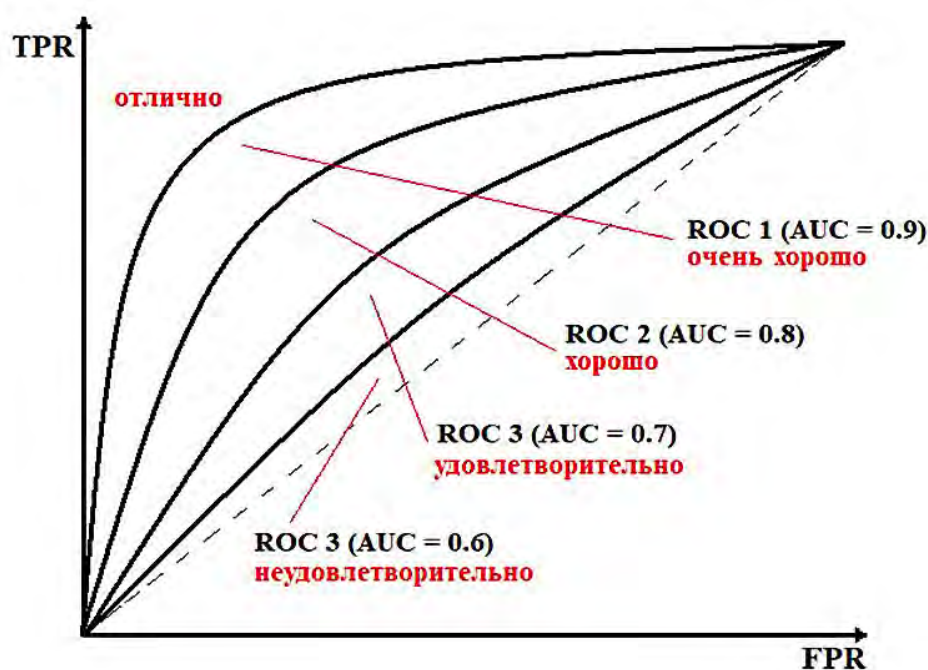


Рисунок 5 – Зависимость качества модели бинарного классификатора от значений AUC

Источник: составлено автором.

сов метапрограмм личности [14], содержит разделы: тенденции образа жизни; преобладающие способности; жизненные ценности; склонность к расизму и экстремизму; конфликтность в общении; стереотипы мышления; личностные качества; склонности к риску; проявления депрессивного состояния; уровень лояльности; отрицательные черты характера; положительные черты характера; факторы адаптации в профессиональной деятельности; соответствие корпоративной культуре; профессиональные склонности.

Модуль отчетов (Human Resources Reporting) представляет собой веб-приложение, формирующее итоговый отчет о соответствии качеств кандидата требованиям должности. При этом программное приложение позволяет экспортировать отчет в формате Excel для удобства дальнейшей работы HR-специалиста с полученными сведениями. На рисунке 6 представлен снимок экрана итогового отчета по кандидату.

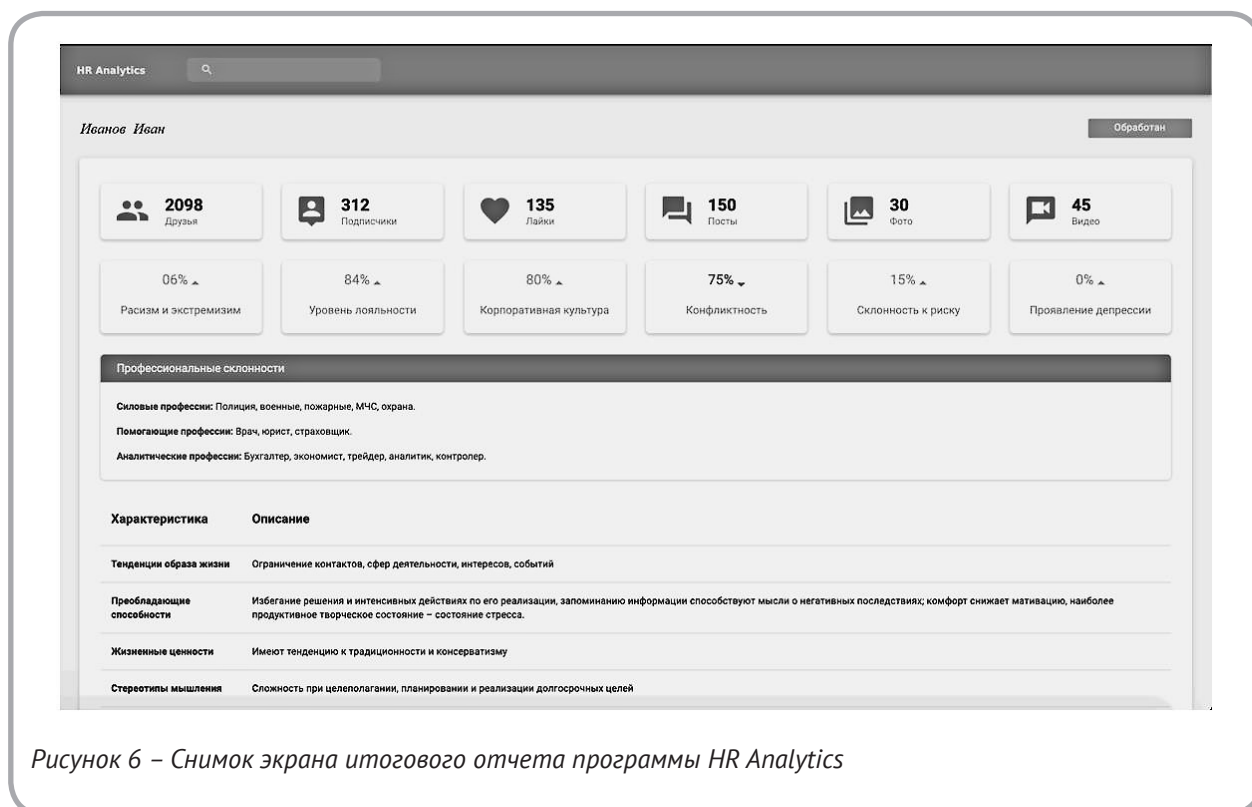
К достоинствам программного продукта HR Analytics можно отнести: пополнение списка анализируемых факторов, применимость к раз-

личным социальным сетям, получение информации по широкому спектру тем, большое количество одновременно обрабатываемых профилей, быстрое действие, прозрачность процесса анализа собранной информации, получение расширенного списка деловых качеств и личностных характеристик кандидата, простота восприятия итогового отчета о претенденте на должность, сопоставимость данных с разных социальных сетей, возможность экспорта отчета в формате Excel для дальнейшей работы с данными.

В качестве недостатков программы HR Analytics правомерно выделить: невозможность проверки указанных данных на странице пользователя; вероятностный характер итогового отчета; закрытость социальных данных; необходимость получения разрешения пользователя на обработку личных данных.

Заключение

Проведенные исследования выявили возможность применения технологий Big Data в HR-менеджменте. Независимое направление анализа социальных данных, People Data, позволяет решать такие актуальные задачи управ-



Источник: составлено автором.

ления человеческими ресурсами, как мотивация, подбор, оценка, обучение, карьера, эффективность и лояльность персонала. При этом выявлен выраженный дефицит технического инструментария и технологических решений в управлении человеческими ресурсами. Для решения данной проблемы предложены программные продукты с технологией Big Data на базе искусственного интеллекта. Разработана архитектура программы HR Analytics на базе искусственного интеллекта, позволяющего осуществлять поиск и анализ цифровых следов кандидата на должность и оценить с помощью технологий кадрового профайлинга степень готовности соискателя выполнять круг профессиональных обязанностей. Программные модули HR Analytics позволяют

сократить временные и человеческие затраты путем автоматизации процесса поиска, анализа и проверки качества данных кандидата. При этом обоснованы методики, применяемые в ходе анализа и классификации собранных данных. Разработан список метрик, по которым формируется итоговый отчет о личностных и деловых качествах кандидата. Определены возможности и ограничения использования программного продукта HR Analytics.

Апробация разработанного программного продукта на примере скоринга открытых данных социальных сетей позволило установить выраженные черты характера человека и соответствие его профессии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ванкевич, Е. В. (2011), Кадровые службы: направления активизации, *Беларуская думка*, 2011, № 1, С. 52–59.

REFERENCES

1. Vankevich, E. V. (2011), Personnel services: directions of activation [Kadrovye sluzhby : napravleniya aktivizacii], *Belaruskaya Dumka* –

2. Vankevich, A. (2005), Personnel strategy and their realization at the Belarusian enterprises, *Journal of Business Economics and Management*, (2005), № 6 (2), pp. 101–112.
3. Вайгенд, А. (2018), *Big data. Вся технология в одной книге*, [пер. с англ. С. Богданова], Москва: Эксмо, 2018, 384 с.
4. Нехорошева, Л. Н. (2017), Глобальные вызовы в контексте четвертой промышленной революции: новые требования к национальной экономике и угроза возникновения «технологической пропасти», *Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы: сборник научных статей*, Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, (2017), С. 95–110.
5. Вичугова, А. (2020), Что ждет Big Data в 2020: итоги ушедшего десятилетия и будущие перспективы, *Школа больших данных*, Режим доступа: <https://www.bigdataschool.ru/bigdata/big-data-2020-perspectives-and-plans.html>, Дата доступа: 01.03.2020.
6. Чернецова, В. (2019), HR-аналитика: HR-метрики и еще раз о Big Data, *HR Docs: только практические инструменты*. Режим доступа: <http://hrdocs.ru/poleznaya-informacziya/hr-metriki-big-data>, Дата доступа: 01.03.2020.
7. Totah, Z. (2019), HR Trends in 2020: The Future of Human Resource Management, *Select Hub*, Режим доступа: <https://www.selecthub.com/hris/future-of-hr-software-trends/>, Дата доступа: 02.03.2020.
8. Долженко, Р. А. (2019), People data («Данные о людях») как новое направление работы с человеческими ресурсами, *Вестник Омского университета. Серия «Экономика»*, 2019, Т. 17, № 1, С. 63–72.
9. Kern, P., Rizoiu, M.-A., McCarthy, P. X. (2019), Robot career advisor: AI may soon be able to analyse your tweets to match you to a job, *The Belarusian idea*, 2011. № 1, pp. 52–59.
2. Vankevich, A. (2005), Personnel strategy and their realization at the Belarusian enterprises, *Journal of Business Economics and Management*, (2005), № 6 (2), pp. 101–112.
3. Weigend, A. (2018), *Big data. Vsya texnologiya v odnoj knige* [Big data. All the technology in one book], Moscow : Exmo, 2018, 384 p.
4. Nekhorosheva, L. N. (2017), Global challenges in the context of the fourth industrial revolution: new requirements to the national economy and the threat of a «technological gap» [Globalnye vyzovy v kontekste chetvertoj promyshlennoj revolyucii: novye trebovaniya k nacionalnoj ekonomike i ugroza vzniknoveniya «texnologicheskoy propasti»], *Strategy for the Development of the Economy of Belarus: challenges, implementation tools and prospects: a collection of scientific articles*, Minsk: Institute of System Research in AIC NAS of Belarus, (2017), pp. 95–110.
5. Viciugova, A. (2020), What awaits Big Data in 2020: results of the past decade and future prospects [Chto zhdet Big Data v 2020: itogi ushedshego desyatiletiya i budushhie perspektivy], *Shkola bol'shich dannych – Big Data School*, Access Mode: <https://www.bigdataschool.ru/bigdata/big-data-2020-perspectives-and-plans.html>, Access Date: 01.03.2020.
6. Chernetsova, V. (2019), HR-analyst: HR-metrics and once again about Big Data [HR-analitika: HR-metriki i eshhe raz o Big Data], *HR Docs: tol'ko prakticheskie instrumenty – HR Docs: only practical tools*. Access Mode: <http://hrdocs.ru/poleznaya-informacziya/hr-metriki-big-data>, Access Date: 01.03.2020.
7. Totah, Z. (2019), HR Trends in 2020: The Future of Human Resource Management, *Select Hub*, URL: <https://www.selecthub.com/hris/future-of-hr-software-trends/>, Access Date: 02.03.2020.

- Conversation Trust*. December 17, 2019, URL: <https://theconversation.com/robot-career-advisor-ai-may-soon-be-able-to-analyse-your-tweets-to-match-you-to-a-job-128777>.
10. Cristani, M., Vinciarelli, A., Segalin, C., Perina, A. (2013), Unveiling the multimedia unconscious: Implicit cognitive processes and multimedia content analysis, *Proceedings of the 21st ACM international conference on Multimedia*, 2013, pp. 213–222.
 11. Liu, L., Preotiuc-Pietro, D., Samani, Z. R., Moghaddam, M. E., Ungar, L. (2016), Analyzing personality through social media profile picture choice, *Proceedings of the Tenth International AAAI Conference on Web and Social Media (ICWSM 2016)*, 2016, pp. 211–220.
 12. Chandra, S., Lin, W., Carpenter, J., Keong, W., Lyle, H., Preotiuc-Pietro, D. (2017) Studying personality through the content of posted and liked images on Twitter, *Conference: ACM Web Science, 17, June 25-28, 2017, Troy, NY, USA*, DOI: 10.1145/3091478.3091522 URL: <https://www.sas.upenn.edu/~danielpr/files/persimages17websci.pdf>.
 13. Латышев, А. В. (2019), Методы оценки личностных факторов по визуальной информации, публикуемой в социальных сетях (обзор), *Мир науки. Педагогика и психология*, 2019, № 1, Режим доступа: <https://mir-nauki.com/PDF/27PSMN119.pdf>, Дата доступа 03.02.2020.
 14. Филатов, А. В. (2017), *Профайлинг. Как разбираться в людях и прогнозировать их поведение*, Москва: Интеллектуальная издательская системе Ridero, 2017, 413 с.
 15. Галантэ, М. В. (2008), Корреляционные исследования взаимосвязи характеристик личности в рамках акмеологической оценки специалиста, *Акмеология*, 2008, № 4, С. 60–66.
 16. Коршунов, А. [и др.] (2014), Анализ социальных сетей: методы и приложения, *Труды*
 8. Dolzhenko, R. A. (2019), People data as a new direction of work with human resources [People data («Dannye o lyudyach») kak novoe napravlenie raboty s chelovecheskimi resursami], *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya «Ekonomika» – Vestnik of Omsk University. Economics" series*, 2019, T. 17, № 1, P. 63–72.
 9. Kern, P., Rizoïu, M.-A., McCarthy, P. X. (2019), Robot career advisor: AI may soon be able to analyse your tweets to match you to a job, *The Conversation Trust*. December 17, 2019, URL: <https://theconversation.com/robot-career-advisor-ai-may-soon-be-able-to-analyse-your-tweets-to-match-you-to-a-job-128777>.
 10. Cristani, M., Vinciarelli, A., Segalin, C., Perina, A. (2013), Unveiling the multimedia unconscious: Implicit cognitive processes and multimedia content analysis, *Proceedings of the 21st ACM international conference on Multimedia*, 2013, pp. 213–222.
 11. Liu, L., Preotiuc-Pietro, D., Samani, Z. R., Moghaddam, M. E., Ungar, L. (2016), Analyzing personality through social media profile picture choice, *Proceedings of the Tenth International AAAI Conference on Web and Social Media (ICWSM 2016)*, 2016, pp. 211–220.
 12. Chandra, S., Lin, W., Carpenter, J., Keong, W., Lyle, H., Preotiuc-Pietro, D. (2017) Studying personality through the content of posted and liked images on Twitter, *Conference: ACM Web Science, 17, June 25-28, 2017, Troy, NY, USA*, DOI: 10.1145/3091478.3091522 URL: <https://www.sas.upenn.edu/~danielpr/files/persimages17websci.pdf>.
 13. Latyshev, A. V. (2019), Methods of personal factors estimation by visual information published in social networks (review) [Metody ocenki lichnostnykh faktorov po vizualnoj informacii, publikuemoj v socialnykh setyach (obzor)], *Mir nauki. Pedagogika i psixologiya – World of science. Pedagogy and Psychology*, 2019, No. 1, Access Mode: <https://mir-nauki.com/>

Института системного программирования РАН (Труды ИСП РАН), 2014, № 1, С. 439–456.

17. Щебетенко, С. А. (2013), «Большая пятерка» черт личности и активность пользователей в социальной сети «ВКонтакте», *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Психология*, 2013, Том 6, № 4, С. 439–456.
18. Ванкевич, Е. В., Коробова, Е. Н. (2019), Эмпирическое исследование занятости и безработицы молодежи в Беларуси (региональный аспект), *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2019, № 2 (37), С. 115–129.
19. Калиновская, И. Н. (2019), Технология использования нейронных сетей в когнитивном маркетинге на примере белорусского обувного предприятия, *Материалы и технологии*, 2019, № 1 (3), С. 90–96.
20. Калиновская, И. Н. (2019), Тенденции развития искусственного интеллекта и применение интеллектуальных диалоговых систем, построенных на принципах машинного обучения, *52 Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов УО «ВГТУ»: материалы докладов, апрель 2019 г., УО ВГТУ : Витебск*, 2019, С. 217–220.
- PDF/27PSMN119.pdf, Access Date 03.02.2020.
14. Filatov, A. V. (2017), *Profajling. Kak razbiratsya v lyudyach i prognozirovat ich povedenie* [Profiling. How to understand people and predict their behavior], Moscow: Intelligent publishing system Ridero, 2017, 413 p.
15. Galante, M. V. (2008), Correlation studies of interrelation of personality characteristics within the framework of a specialist's acmeological evaluation [Korrelyacionnye issledovaniya vzaimosvyazi charakteristik lichnosti v ramkax akmeologicheskoy ocenki specialista], *Akmeologiya – Akmeologiya*, 2008, No. 4, pp. 60–66.
16. Korshunov, A. [et al.] (2014), Analysis of Social Networks: Methods and Applications [Analiz socialnykh setej: metody i prilozheniya], *Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN (Trudy `ISP RAN) – Proceedings of the Institute of System Programming of the Russian Academy of Sciences (Proceedings of ISP RAS)*, 2014, No. 1, pp. 439–456.
17. Shchebetenko, S. A. (2013), "The Big Five" personality traits and user activity in the social network "Vkontakte" [«Bolshaya pyaterka» chert lichnosti i aktivnost polzovatelej v socialnoj seti «Vkontakte»], *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Psixologiya – Vestnik of South Ural State University. Series: Psychology*, 2013, Volume 6, № 4, pp. 439–456.
18. Vankevich, E. V., Korobova, E. N. (2019), Empirical study of youth employment and unemployment in Belarus (regional aspect) [Empiricheskoe issledovanie zanyatosti i bezraboticy molodezhi v Belarusi (regionalnyj aspekt)], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2019, No. 2 (37), pp. 115–129.
19. Kalinovskaya, I. N. (2019), Technology of neural networks usage in cognitive marketing

by the example of Belarusian shoe enterprise [Technologiya ispolzovaniya nejronnykh setej v kognitivnom marketinge na primere belorusskogo obuvnogo predpriyatiya], *Materialy i texnologii – Materials and technologies*, 2019, №1 (3), pp. 90–96.

20. Kalinovskaya, I. N. (2019), Trends in the development of artificial intelligence and the use of intelligent dialogue systems based on the principles of machine learning, [Tendencii razvitiya iskusstvennogo intellekta i primeneniye intellektualnykh dialogovykh sistem, postroennykh na principakh mashinnogo obucheniya], *52 Mezhdunarodnaya nauchno-texnicheskaya konferenciya prepodavatelej i studentov UO «VGTU»: materialy dokladov. - 52nd International Scientific and Technical Conference of teachers and students of EE «VSTU»: Proceedings, April 2019, EE VSTU: Vitebsk, 2019*, pp. 217–220.

Статья поступила в редакцию 10. 03. 2020 г.

ВНУТРЕННИЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕБЮДЖЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ СЛУЖБ

INTERNAL POTENTIAL AS A FACTOR OF EFFICIENCY OF EXTRA BUDGETARY ACTIVITIES OF SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SERVICES

УДК 339.564 614.212

В.В. Квасникова^{1*}, Ю.В. Миронова²

¹ Витебский государственный технологический университет

² ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии»

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13819>

V. Kvasnikova^{1*}, Yu. Mironova²

¹ Vitebsk State Technological University

² Vitebsk zonal center for hygiene and epidemiology

РЕФЕРАТ

ВНЕБЮДЖЕТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВНУТРЕННИЙ ПОТЕНЦИАЛ, САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА, ПЛАТНЫЕ УСЛУГИ

Статья посвящена исследованию внутреннего потенциала санитарно-эпидемиологических служб и оценке эффективности их внебюджетной деятельности.

Цель статьи – разработать методику оценки внутреннего потенциала санитарно-эпидемиологических служб.

Материалом для изучения послужили электронные информационные ресурсы, публикации специалистов, бухгалтерская и статистическая отчетность зональных центров гигиены и эпидемиологии Витебской области, результаты опроса экспертов.

Разработана методика оценки внутреннего потенциала санитарно-эпидемиологических служб, базирующаяся на комплексе показателей, определяемых на основе экспертного метода с использованием пятибалльных оценочных шкал с рекомендуемыми пороговыми значениями.

По предложенной авторами методике оценены внутренние потенциалы зональных центров гигиены и эпидемиологии Витебской области и определено влияние их состояния на эффективность внебюджетной деятельности.

ABSTRACT

EXTRA BUDGETARY ACTIVITY, EFFICIENCY, INTERNAL POTENTIAL, SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SERVICE, PAID SERVICES

The article is devoted to the methodological aspects of assessing the internal potential of budgetary organizations and determining the impact of their condition on the effectiveness of extra-budgetary activities. An author's methodology is proposed for studying the internal potential of the sanitary-epidemiological service, based on an expert assessment of its components according to 13 quantitative and qualitative indicators, for which five-point rating scales with recommended threshold values have been developed. Testing the methodology according to the data of the Zonal Hygiene and Epidemiology Centers of the Vitebsk region proved the possibility of its application in the practice of analysis and planning of extra-budgetary activities of the sanitary-epidemiological services.

Деятельность бюджетных организаций направлена на решение определенных социальных задач при использовании наименьшего

объема средств для достижения заданного результата или достижения наилучшего результата при фиксированном объеме бюджетных средств.

* E-mail: kv_vera@mail.ru (V. Kvasnikova)

Поэтому оценка эффективности деятельности бюджетных организаций базируется, прежде всего, на таких показателях, как выполнение государственного заказа, обоснованные жалобы, удовлетворенность качеством оказанных услуг, укомплектованность организации персоналом, выполнение планов по достижению соотношений заработной платы по всем категориям работников со средней заработной платой в стране (регионе). При осуществлении внебюджетной деятельности бюджетные организации выступают как коммерческие организации, что принципиально меняет подходы к анализу и оценке эффективности их деятельности.

Теоретические и методические основы оценки эффективности внебюджетной деятельности бюджетных организаций изложены в работах ученых-экономистов: Головковой Е. А., Карпова О. Э., Коржавчиковой Н. М., Кротковой Е. Н., Лещика Н. П., Мальковец М. В., Махнеева Д. А., Трофименко З. В., Шилиной Ю. В., Шумаковой И. Б., Концеал Е. В, Чернюк А. А. и др. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Анализ литературных источников по проблеме показал, что оценка эффективности внебюджетной деятельности бюджетных организаций базируется на традиционных показателях, таких как внебюджетные доходы, внебюджетные расходы, превышение доходов над расходами, рентабельность услуг, чистый доход от внебюджетной деятельности. Кроме того, некоторые авторы дополняют перечень показателей, предлагая использовать: удельный вес внебюджетных доходов в бюджетном финансировании организации, показатель «управление кредиторской задолженностью»; коэффициент эффективности использования фонда оплаты труда, удельный вес доходов по видам внебюджетной деятельности и другие. Традиционные показатели являются универсальными и позволяют оценить эффективность внебюджетной деятельности любой бюджетной организации независимо от осуществляемого вида деятельности.

В тоже время, по мнению Шумковой И. Б., эффективность внебюджетной деятельности определяется совокупностью факторов – составляющими внутреннего потенциала бюджетных организаций. В работе автором обоснованы составляющие потенциала для учреждений образования, включающие: научный потенциал;

внутреннюю нормативную базу; общую политику по отношению к внебюджетной деятельности; наличие лицензии и ее параметры; регион расположения; оборудование; производственные мощности; информационные ресурсы; библиотечный фонд; помещения; кадры; земля; методическую базу; имидж и сотрудничество с выпускниками учебного заведения [8].

Целесообразность исследования составляющих внутреннего потенциала бюджетной организации состоит в максимальном учете специфики вида деятельности, в выявлении наиболее перспективных направлений и резервов повышения эффективности внебюджетной деятельности.

Принимая во внимание вышеизложенное, разработана авторская методика оценки эффективности внебюджетной деятельности санитарно-эпидемиологической службы, предусматривающая реализацию двух этапов.

На первом этапе производится анализ и оценка традиционных показателей эффективности внебюджетной деятельности.

На втором этапе определяется внутренний потенциал санитарно-эпидемиологической службы путем оценки комплекса показателей с использованием пятибалльных оценочных шкал.

Составляющие, показатели внутреннего потенциала и их оценочные шкалы с установленными предельными значениями разработаны путем изучения деятельности санитарно-эпидемиологических служб (СЭС) и опроса экспертов, в качестве которых выступили руководители и специалисты областного и зональных центров гигиены и эпидемиологии Витебской области.

В качестве составляющих внутреннего потенциала обоснованы:

- внутренняя нормативная база – обеспечивает развитие разнообразных видов внебюджетной деятельности, минимизацию финансовых и материальных потерь при ее осуществлении;
- качество методического обеспечения и его соответствие современным требованиям создает условия для недопущения ошибок при проведении лабораторных исследований;
- месторасположение санитарно-эпидемиологической службы в значительной степени оказывает влияние на объем услуг, оказываемых в рамках внебюджетной деятельности. Чем

более крупным является населенный пункт, тем больший объем платных услуг может оказать СЭС;

- конкурентоспособность услуг определяется качеством услуг и уровнем цен. Качество санитарно-эпидемиологических услуг определяется точностью измерений, временем их оформления и выполнения. Для обеспечения должного объема внебюджетных доходов в условиях значительной интенсивности конкуренции на рынке санитарно-эпидемиологических услуг организация должна установить конкурентоспособные цены. Даже при значительном спросе на услуги, потенциальные клиенты уйдут к конкурентам, если у организации уровень цен существенно завышен;

- рекламная кампания необходима для привлечения новых клиентов, распространения информации о новых услугах, создания имиджа СЭС. Эффективность рекламной кампании зависит от используемых средств рекламы, частоты и длительности периода размещения сообщений;

- персонал – наличие достаточного количества высококвалифицированных специалистов с высшим и средним медицинским образованием, а также вспомогательного персонала соответствующей квалификации, заинтересованность руководителей в развитии внебюджетной деятельности непосредственно влияет на объем оказания платных санитарно-эпидемиологических услуг;

- использование интернет-технологий структурными подразделениями санитарно-эпидемиологической службы при оказании платных услуг создает условия для безбумажной обработки документов, позволяет специалистам снизить затраты времени на поиск информации и обмен данными между учреждениями здравоохранения и иными учреждениями, которые взаимодействуют с санитарно-эпидемиологическими службами;

- использование программного обеспечения «АИС Эпидемиология» при оказании платных услуг уменьшает затраты времени работников на поиск, изучение и обработку информации при оказании санитарно-эпидемиологических услуг, что создает предпосылки для увеличения объемов услуг и снижения затрат на их оказание. «АИС Эпидемиология» – это программное

обеспечение, предназначенное для программно-целевого планирования мер и мероприятий формирования государственных программ в области охраны здоровья населения, развития первичной медико-санитарной помощи в Республике Беларусь и оценки их эффективности;

- состояние приборов и их наличие определяет возможность выполнения того или иного вида санитарно-эпидемиологических услуг и уровень их качества.

В настоящее время к основным видам оборудования санитарно-эпидемиологической службы относятся: приборы для измерения параметров электрического и магнитного полей; приборы для измерения естественной и искусственной освещенности; шумомер-виброметры, анализаторы спектра измерения эквивалентного и максимального уровней звука; шумомер-виброметры, анализаторы спектра уровней вибрации в октавных полосах частот; приборы для комбинированного измерения скорости движения воздуха; приборы для комбинированного измерения температуры и относительной влажности воздуха.

В таблице 1 представлены оценочные шкалы показателей внутреннего потенциала санитарно-эпидемиологической службы.

Определение внутреннего потенциала санитарно-эпидемиологической службы базируется на экспертном методе, посредством которого оцениваются фактическое состояние составляющих потенциала санитарно-эпидемиологической службы и значимость их влияния на эффективность внебюджетной деятельности. Экспертная группа формируется из 6–10 руководителей и специалистов санитарно-эпидемиологических служб.

Потенциал санитарно-эпидемиологической службы определяется по формуле:

$$\Pi = \sum_{i=1}^n O_i^{ep} \times K_{zi} , \quad (1)$$

где K_{zi} – коэффициент значимости i -й составляющей потенциала СЭС; O_i^{ep} – средняя оценка i -й составляющей потенциала, балл.

Коэффициент значимости для каждой составляющей потенциала определяется по формуле:

Таблица 1 – Оценочные шкалы показателей внутреннего потенциала санитарно-эпидемиологической службы

Составляющие и показатели потенциала	Оценка, балл				
	1	2	3	4	5
1. Внутренняя нормативная база СЭС	Значительно сдерживает развитие внебюджетной деятельности СЭС	Сдерживает развитие внебюджетной деятельности СЭС	В большей степени способствует, чем сдерживает развитие внебюджетной деятельности СЭС	Способствует развитию внебюджетной деятельности СЭС	Значительно способствует развитию внебюджетной деятельности СЭС
2. Качество методического обеспечения	Очень низкое, используется несовременное методическое обеспечение	Низкое, 60–70 % методического обеспечения не соответствует современным требованиям	Среднее, 40–50 % методического обеспечения соответствует современным требованиям	Высокое, 50–70 % методического обеспечения соответствует современным требованиям	Очень высокое, более 70 % методического обеспечения соответствует современным требованиям
3. Месторасположение СЭС	Населенный пункт с численностью менее 25 тыс. чел.	Населенный пункт с численностью 25–50 тыс. чел.	Населенный пункт с численностью 50–150 тыс. чел.	Населенный пункт с численностью 150–500 тыс. чел.	Населенный пункт с численностью более 500 тыс. чел.
4. Конкурентоспособность услуг					
4.1. Уровень цен на услуги СЭС по сравнению с конкурентами	Выше на 5–10 %	Выше, не более чем на 5 %	Одинаковый	Ниже, не более чем на 5 %	Ниже на 5–10 %
4.2. Качество оказываемых услуг	Очень низкое	Низкое	Среднее	Высокое	Очень высокое
5. Рекламная кампания СЭС	Отсутствует	Неэффективная рекламная кампания. Отсутствие роста внебюджетных доходов	Средняя эффективность рекламной кампании. Прирост внебюджетных доходов до 5 %	Высокая эффективность рекламной кампании. Обеспечивается приток новых клиентов. Прирост внебюджетных доходов от 5–10 %	Очень высокая эффективность рекламной кампании. Обеспечивается приток новых клиентов. Прирост внебюджетных доходов более 10 %
6. Персонал					
6.1. Заинтересованность руководителей структурных подразделений в оказании СЭУ и развитии внебюджетной деятельности	Не заинтересованы, более 75 % руководителей	Не заинтересованы, 50–75 % руководителей	Заинтересованы 50–70 % руководителей	Заинтересованы 70–90 % руководителей	Заинтересованы более 90 % руководителей
6.2. Заинтересованность специалистов структурных подразделений в оказании СЭУ и развитии внебюджетной деятельности	Не заинтересованы, более 75 % специалистов	Не заинтересованы, 50–75 % специалистов	Заинтересованы 50–70 % специалистов	Заинтересованы 70–90 % специалистов	Заинтересованы более 90 % специалистов

Окончание таблицы 1

Составляющие и показатели потенциала	Оценка, балл				
	1	2	3	4	5
6.3. Доля специалистов с высшим медицинским образованием к общей численности персонала	Менее 30 % специалистов имеют высшее медицинское образование	30–40 % специалистов имеют высшее медицинское образование	40–60 % специалистов имеют высшее медицинское образование	60–80 % специалистов имеют высшее медицинское образование	Более 80 % специалистов имеют высшее медицинское образование
6.4. Доля специалистов, имеющих квалификационную категорию к общей численности персонала	Менее 30 % специалистов имеют квалификационную категорию	30–50 % специалистов имеют квалификационную категорию	50–70 % специалистов имеют квалификационную категорию	70–90 % специалистов имеют квалификационную категорию	Более 90 % специалистов имеют квалификационную категорию
7. Использование интернет-технологий структурными подразделениями при оказании платных услуг	Не используются, так как отсутствует ПК	Не используются так как требуется специальное обучение персонала	Ограниченное использование, в 50–70 % структурных подразделениях	Используются в 70–90 % структурных подразделениях	Используются во всех структурных подразделениях
8. Использование программного обеспечения для учреждений здравоохранения «АИС Эпидемиология» при оказании платных услуг	Не используется, так как отсутствует ПК	Не используется так как требуется специальное обучение персонала	Ограниченное использование, 50–70 % специалистов	Используют 70–90 % специалистов	Используют все специалисты
9. Состояние приборов для оказания СЭУ	Очень низкое, 20–30 % приборов подлежит замене	Низкое, 20–30 % приборов требует постоянного ремонта	Хорошее состояние приборов, но требованиям законодательства не соответствует 50–75 %	Хорошее состояние приборов, но, 75–95 % допускает отклонения в показателях	Новое оборудование, полностью соответствует требованиям законодательства

Источник: собственная разработка на основе опроса экспертов.

$$K_{ij}^* = \frac{O_{ij}^s}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m O_{ij}^s}, \quad (2)$$

где O_{ij}^s – оценка значимости влияния i -й составляющей потенциала на эффективность внебюджетной деятельности санитарно-эпидемиологической службы, поставленная j -м экспертом, **балл**; n – количество составляющих потенциала, m – число экспертов, **чел.**

Средняя оценка составляющей потенциала рассчитывается по формуле:

$$O_{ij}^{cp} = \frac{\sum_{j=1}^m O_{ij}^s}{m}, \quad (3)$$

где O_{ij} – оценка фактического состояния i -й составляющей потенциала санитарно-эпидемиологической службы, данная j -м экспертом, **балл**.

На основе таблицы 2 определяются состояние потенциала и его воздействие на эффективность внебюджетной деятельности санитарно-эпидемиологической службы.

Разработанная методика апробирована по данным ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии», ГУ «Полоцкий зональный центр гигиены и эпидемиологии» и ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемиологии».

В таблице 3 представлен анализ динамики суммы и доли внебюджетных доходов к бюджетному финансированию санитарно-эпидемио-

Таблица 2 – Состояние потенциала санитарно-эпидемиологической службы и его воздействие на эффективность внебюджетной деятельности

Оценка потенциала, балл	Состояние потенциала санитарно-эпидемиологической службы и его воздействие на эффективность внебюджетной деятельности
1,000–2,000	У санитарно-эпидемиологической службы отсутствует потенциал для осуществления внебюджетной деятельности
2,001–3,000	Низкий потенциал санитарно-эпидемиологической службы. Состояние потенциала негативно влияет на эффективность внебюджетной деятельности организации
3,001–4,000	Средний потенциал санитарно-эпидемиологической службы. Состояние потенциала положительно влияет на эффективность внебюджетной деятельности организации
4,001–5,000	Высокий потенциал санитарно-эпидемиологической службы. Состояние потенциала в значительной степени обеспечивает высокую эффективность внебюджетной деятельности организации

Источник: собственная разработка.

Таблица 3 – Динамика суммы и доли внебюджетных доходов к бюджетному финансированию СЭС Витебской области за 2017–2019 гг.

Показатели	Годы			Абсолютное изменение		Темп роста, %	
	2017	2018	2019	2018/ 2017	2019/ 2018	2018/ 2017	2019/ 2018
1. Внебюджетные доходы, <i>руб.</i>							
ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	311,3	278,44	343,04	-32,86	64,6	89,4	123,2
ГУ «Полоцкий зональный центр гигиены и эпидемиологии»	240,2	244,1	261,6	3,9	17,5	101,6	107,2
ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	235,1	240,9	275,4	5,8	34,5	102,5	114,3
2. Доля внебюджетных доходов к бюджетному финансированию, %							
ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	22,04	16,75	18,26	-5,29	1,51	75,99	108,99
ГУ «Полоцкий зональный центр гигиены и эпидемиологии»	20,73	18,84	22,36	-1,89	3,52	90,89	118,68
ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	17,36	16,76	19,51	-0,60	2,74	96,57	116,37

Источник: составлено автором на основе данных организации.

логических служб Витебской области за 2017–2019 гг.

По данным таблицы видно, что на протяжении

всего рассматриваемого периода наибольшая сумма внебюджетных доходов была получена ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпи-

демиологии», а наименьшая – ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемиологии».

В 2018 году наметилась негативная динамика уменьшения величины внебюджетных доходов по всем зональным центрам от 1 % до 11 %, обусловленная принятием Декрета Президента Республики Беларусь от 23.11.2017 № 7 «О развитии предпринимательства». В соответствии с которым были отменены излишние и экономически затратные требования и ограничения для бизнеса в сферах производства продукции, строительной и транспортной деятельности, торговли, общественного питания и др., что привело к сокращению объёмов оказания услуг по экспертизе и дезинфекции.

В 2019 году, как положительное, следует отметить значительный рост внебюджетных доходов более чем на 20 % по всем зональным центрам, что обусловлено, прежде всего, ростом спроса на услуги «гигиеническое обучение» и повышением цен.

В исследуемом периоде доли внебюджетных доходов к бюджетному финансированию варьируются по зональным центрам в диапазоне от 16 % до 22 %, тогда как в среднем по республике у учреждений здравоохранения этот показатель составляет от 5–10 %. Такое положение дел позволяет сделать вывод о том, что внебюджетные доходы занимают значимое место в финансировании деятельности СЭС.

В таблице 4 представлен анализ состава и структуры доходов от внебюджетной деятельности по видам услуг санитарно-эпидемиологических служб Витебской области за 2019 год.

Как видно из данных таблицы 4, наибольшую долю во внебюджетных доходах всех зональных центров занимают услуги «гигиеническое обучение»: у зонального центра г. Витебска – 44,4 %; у зонального центра г. Полоцка – 35,3 % и у зонального центра г. Орши – 34 %. Это связано с тем, что по услугам «гигиеническое обучение» зональные центры являются монополистами, тогда как по остальным видам услуг существует конкуренция со стороны других государственных учреждений. Значительный вклад в формирование внебюджетных доходов зонального центра г. Витебска также вносят услуги по экспертизе (21,1 %), у зональных центров г. Полоцка и г. Орши услуги дезинфекции, соответственно 30,6 % и 32,7 %.

В таблице 5 представлена динамика прибыли и рентабельности услуг санитарно-эпидемиологических служб Витебской области за 2017–2019 гг.

Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что среди исследуемых зональных центров в течение всего рассматриваемого периода наибольшую прибыль получал зональный центр г. Витебска. Величина прибыли этого центра превышала аналогичные показатели зональных

Таблица 4 – Состав и структура доходов от внебюджетной деятельности санитарно-эпидемиологических служб Витебской области за 2019 год

Вид услуг	ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии»		ГУ «Полоцкий зональный центр гигиены и эпидемиологии»		ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	
	руб.	уд. вес, %	руб.	уд. вес, %	руб.	уд. вес, %
Услуги дезинфекции	58,97	17,2	80,03	30,6	90,04	32,7
Гигиеническое обучение	152,1	44,4	92,36	35,3	93,65	34
Лабораторные исследования (замеры)	59,12	17,3	50,21	19,2	51,24	18,6
Экспертиза	72,32	21,1	38,66	14,8	39,62	14,4
Проценты банка	0,001	0,00046	0,002	0,00082	0,001	0,0007
Прочие	0,042,12	0,012	0,361	0,14	0,911	0,33
Всего	343,04	100	261,6	100	275,45	100

Источник: составлено автором на основе данных организации.

Таблица 5 – Динамика показателей прибыли и рентабельности услуг санитарно-эпидемиологических служб Витебской области за 2017–2019 гг.

Наименование показателей	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Абсолютное изменение		Темп роста, %	
				2018/ 2017	2019/ 2018	2018/ 2017	2019/ 2018
1. Превышение доходов над расходами (прибыль), <i>тыс. руб.</i>							
1.1 ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	62	53,14	82,79	-8,86	29,65	85,7	155,8
1.2 ГУ «Полоцкий зональный центр гигиены и эпидемиологии»	38,4	33,5	41,2	-4,9	7,7	87,2	123,0
1.3 ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемио- логии»	54,2	30,8	59,5	-23,4	28,7	56,8	193,2
2. Рентабельность услуг, %							
2.1 ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	24,9	23,6	31,8	-1,3	8,2	94,8	134,9
2.2 ГУ «Полоцкий зональный центр гигиены и эпидемиологии»	19,0	15,9	18,7	-3,1	2,8	83,6	117,5
2.3 ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	30,0	14,7	27,6	-15,3	12,9	48,9	188,0

Источник: собственная разработка на основе данных организации.

центров г. Полоцка и г. Орша примерно в 1,5–2 раза.

Исходя из современного состояния экономики Республики Беларусь уровень показателей «рентабельность услуг» зональных центров является достаточно высоким и на протяжении всего исследуемого периода варьировался в диапазоне от 15 % до 32 %. Вместе с тем значения показателя по годам у зональных центров существенно различаются. В 2017 году наиболее высокий уровень рентабельности услуг наблюдался у зонального центра г. Орша – 30 %, а в 2018 и 2019 годах – у зонального центра г. Витебска, соответственно 23,6 % и 31,8 %.

В целом, обобщая оценку эффективности внебюджетной деятельности санитарно-эпидемиологических служб Витебской области на основе традиционных показателей, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективно

внебюджетная деятельность осуществляется в ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии». Это обусловлено большей величиной внебюджетных доходов и прибыли, более высоким уровнем рентабельности услуг. На втором месте находится зональный центр г. Орши, а на третьем – зональный центр г. Полоцка.

Оценка значимости показателей внутреннего потенциала санитарно-эпидемиологической службы была произведена 10 экспертами – руководителями и специалистами «Витебского областного центра гигиены и эпидемиологии».

Фактическое состояние составляющих внутренних потенциалов зональных центров гигиены и эпидемиологии г. Витебска, г. Полоцка и г. Орши было определено методом индивидуальной экспертной оценки. Экспертами выступили руководители и специалисты этих центров, в каждом центре опрашивались: главный врач,

главный бухгалтер, руководители структурных подразделений, программисты.

При этом каждый из экспертов осуществлял оценку определённых показателей внутреннего потенциала. Так, например, программисты оценивали такие показатели потенциала СЭС, как «использование интернет-технологий структурными подразделениями при оказании платных услуг» и «использование программного обеспечения для учреждений здравоохранения «АИС

Эпидемиология» при оказании платных услуг»; руководители структурных подразделений – «качество методического обеспечения», «качество оказываемых услуг», «состояние приборов для оказания СЭУ», «заинтересованность специалистов структурных подразделений».

На основе опроса экспертов определены коэффициенты значимости и оценки внутренних потенциалов зональных центров (таблица 6).

Таблица 6 – Оценка потенциалов санитарно-эпидемиологических служб Витебской области, балл

Показатели	Коэффициент значимости ¹	Зональные центры гигиены и эпидемиологии		
		г. Витебск	г. Полоцк	г. Орша
1. Внутренняя нормативная база СЭС	0,066	3	3	3
2. Качество методического обеспечения	0,071	4	4	4
3. Месторасположение СЭС	0,09	4	3	3
4. Уровень цен на услуги СЭС по сравнению с конкурентами	0,078	4,5	3,5	4,6
5. Качество оказываемых услуг	0,071	4,5	4,5	4,4
6. Рекламная кампания СЭС	0,049	1	1	1
6.1. Заинтересованность руководителей структурных подразделений в оказании СЭУ и развитии внебюджетной деятельности	0,09	3,2	3,1	3,1
6.2. Заинтересованность специалистов структурных подразделений в оказании СЭУ и развитии внебюджетной деятельности	0,09	2,4	2	2
6.3. Доля специалистов с высшим медицинским образованием к общей численности персонала	0,081	2	2	2
6.4 Доля специалистов, имеющих квалификационную категорию к общей численности персонала	0,087	2	2	2
7. Использование интернет-технологий структурными подразделениями при оказании платных услуг	0,069	3,4	3,3	3,6
8. Использование программного обеспечения для учреждений здравоохранения «АИС Эпидемиология» при оказании платных услуг	0,077	4,2	3,8	3,8
9. Состояние приборов для оказания СЭУ	0,081	4	4,2	4,5
Всего		3,28	3,05	3,17

Примечание: ¹ – мнение экспертов относительно значимости показателей внутреннего потенциала санитарно-эпидемиологической службы согласовано, так как коэффициент конкордации составил 0,63.

Источник: собственная разработка на основе опроса экспертов.

Как видно из данных таблицы 6, наиболее значимым показателем потенциала, по мнению экспертов, является месторасположение санитарно-эпидемиологической службы (0,09). Это обусловлено тем, что объемы оказания платных услуг напрямую зависят от количества клиентов – юридических и физических лиц.

Показатели, характеризующие состояние кадрового потенциала и оборудования, также, по мнению экспертов, оказывают значительное влияние на эффективность внебюджетной деятельности СЭС. Коэффициенты значимости данных показателей находятся в диапазоне от 0,081–0,09.

К наименее значимым эксперты отнесли показатели «внутренняя нормативная база СЭС» (0,066) и «рекламная кампания СЭС» (0,049).

Данные таблицы свидетельствуют о том, что наиболее высокие оценки в диапазоне от 4 до 4,5 баллов получили показатели зональных центров, характеризующие состояние приборов для оказания СЭУ и качество услуг. Высокое качество услуг санитарно-эпидемиологических служб обеспечивается благодаря тому, что Министерство здравоохранения Республики Беларусь осуществляет жесткий контроль за соблюдением Закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

Хорошие оценки (4 баллов и более) у всех зональных центров получил показатель «качество методического обеспечения». Это связано с тем, что для всех центров разработаны единые методические пособия, используются единые стандарты и подходы при оказании санитарно-эпидемиологических услуг населению и субъектам хозяйствования.

Показатель «уровень цен на услуги СЭС по сравнению с конкурентами» получил достаточно высокие оценки у ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии» (4,5 балла) и ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемиологии» (4,6 балла), данная ситуация обусловлена более низким уровнем накладных расходов и применением скидок на оказание санитарно-эпидемиологических услуг. У ГУ «Полоцкий зональный центр гигиены и эпидемиологии» уровень цен на санитарно-эпидемиологические услуги несколько выше, что и обусловило более низкую оценку этого показателя.

Как видно из таблицы, все санитарно-эпидемиологические службы Витебской области при осуществлении внебюджетной деятельности используют интернет-технологии, однако уровень их применения является средним (не все структурные подразделения центров применяют интернет-технологии). Более высокая оценка у ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемиологии» (3,6 балла) связана с тем, что в нем проведена полная замена компьютерной техники, приобретены мобильные фото- и видеокамеры для контроля санитарно-эпидемиологической обстановки.

Наблюдаются определенные отличия у зональных центров в значениях показателя «использование программного обеспечения для учреждений здравоохранения «АИС Эпидемиология» при оказании платных услуг». Так, более высокое значение показателя – 4,2 балла – имеет ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии», что обусловлено наличием в штате этого центра высококвалифицированного программиста для обслуживания данной программы. Тогда как в центрах г. Полоцка и г. Орши такие специалисты отсутствуют.

В то же время как негативное явление следует отметить достаточно низкие оценки показателей, характеризующих кадровый потенциал центров. Большинство из этих показателей имеют оценку 2 балла. На сегодняшний день санитарно-эпидемиологические службы испытывают дефицит кадров, а именно врачей-гигиенистов, что отрицательно сказывается на качестве и объеме санитарно-эпидемиологических услуг. Недостаточное количество этих специалистов обусловлено тем, что на территории Республики Беларусь только два медицинских университета осуществляют подготовку специалистов по специальности медико-профилактическое дело. При этом в связи с увеличением объемов экспорта продовольственных товаров в Российскую Федерацию, Китай и другие страны потребность в таких специалистах возрастает.

Невысокие оценки показателя «заинтересованность руководителей структурных подразделений в оказании СЭУ» обусловлены недостаточным использованием мер материального и морального стимулирования руководителей центров по развитию внебюджетной деятельности.

сти, в частности, по привлечению потенциальных клиентов и разработке новых видов платных услуг.

Кроме того, негативное влияние на состояние потенциалов центров оказывает невысокая доля специалистов, имеющих квалификационную категорию к общей численности персонала. Так, в ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии» доля специалистов, имеющих квалификацию, составляет – 31,8 %, в ГУ «Полоцкий зональный центр гигиены и эпидемиологии» – 29,5 %, в ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемиологии» – 32 %.

Самую низкую оценку 1 балл получил показатель «рекламная кампания СЭС», так как ни один из исследуемых зональных центров рекламную кампанию не проводит.

В целом можно заключить, что все исследуемые зональные центры гигиены и эпидемиологии имеют средний потенциал, так как оценки находятся в диапазоне от 3–4 баллов. Состояние потенциалов центров положительно влияет на эффективность их внебюджетной деятельности.

При этом наиболее высокий потенциал имеет ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпи-

демиологии», на втором месте находится потенциал ГУ «Оршанский зональный центр гигиены и эпидемиологии», а более низкую оценку получил потенциал ГУ «Полоцкий зональный центр гигиены и эпидемиологии». Преимущества центра г. Витебск состоят в более выгодном месторасположении и более высокой квалификации персонала, тогда как преимуществом центра г. Орша является более высокий уровень технического оснащения.

Таким образом, на основе проведенной апробации можно заключить, что разработанная методика оценки эффективности внебюджетной деятельности может быть использована менеджментом санитарно-эпидемиологических служб при анализе мероприятий по повышению эффективности внебюджетной деятельности. В частности, для зональных центров гигиены и эпидемиологии первоочередными направлениями деятельности должны стать: повышение квалификации персонала; развитие новых видов услуг; разработка системы мотивации и стимулирования сотрудников в оказании платных санитарно-эпидемиологических услуг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Головкова, Е. А., Лещик, Н. П. (2015), *Анализ хозяйственной деятельности в бюджетных организациях. Краткий конспект лекций*, Минск, БГЭУ, 52 с.
2. Карпов, О. Э., Махнев, Д. А., Коржавчикова, Н. М., Шилина, Ю. В. (2016), Ключевые аспекты маркетинговой политики как инструмент оптимизации доходов в корпоративном сегменте внебюджетной деятельности государственного медицинского центра, *Вестник национального медико-хирургического Центра им. Р. И. Пирогова*, Т. 11, № 4, 2016, С. 81–83.
3. Кроткова, Е. Н. (2017), *Особенности развития внебюджетной деятельности учреждений здравоохранения. Вопросы организации и ин-*

REFERENCES

1. Golovkova, E. A., Leshchik, N. P. (2015), *Analiz hozjajstvennoj dejatel'nosti v bjudzhetnyh organizacijah. Kratkij konspekt lekcij* [Analysis of economic activity in budget organizations. Short lecture notes], Minsk, BGJeU, 52 p.
2. Karpov, O. Je., Mahnev, D. A., Korzhavchikova, N. M., Shilina, Ju. V. (2016), Key aspects of marketing policy as a tool for optimizing revenue in the corporate segment of extrabudgetary activities of the state medical center [Ključevye aspekty marketingovoj politiki kak instrument optimizacii dohodov v korporativnom segmente vnebjudzhetnoj dejatel'nosti gosudarstvennogo medicinskogo centra], *Vestnik nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. R. I. Pirogova – Vestnik of the National Medical and Surgical*

- форматизации здравоохранения, № 2, 2017, С. 47–57.
4. Мальковец, М. В., Трофименко, З. В. (2012), Проблемы и перспективы развития внебюджетного финансирования учреждений здравоохранения в Республике Беларусь, Медико-социальная экология личности: состояние и перспективы, *Материалы X Международной конференции*, Минск: Изд. центр БГУ, 2012, С. 292–295.
 5. Морозов, В. А., Морозова, О. К. (2006), Оценка эффективности деятельности бюджетного учреждения органами государственного и муниципального управления, *Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях*, № 3 (147), 2006, С. 13–14.
 6. Сангареева, А. А., Бударин, С. С., Волкова, О. А. *Показатели и критерии оценки эффективности деятельности медицинских организаций в федеральных и региональных нормативных правовых актах* [Электронный ресурс] / Ремедиум группа. – Режим доступа : <https://www.remedium.ru/health/>. Дата доступа : 10.01.2020.
 7. Сидоренко, О. В. (2015), Методические аспекты экономического анализа деятельности бюджетных организаций, *Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях*, № 10 (370), 2015, С. 15–18.
 8. Шумакова, И. Б. (2007), Факторы, определяющие направления и эффективность внебюджетной деятельности высших учебных заведений, *Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена*, Т. 16, Выпуск 40, 2007, С. 556–559.
 - Center R.I. Pirogova, T. 11, № 4, 2016, pp. 81–83.
 3. Krotkova, E. N. (2017), *Osobennosti razvitiya vnebjudzhetnoj dejatel'nosti uchrezhdenij zdavoohranenija. Voprosy organizacii i informatizacii zdavoohranenija* [Features of the development of extrabudgetary activities of healthcare institutions. Issues of organization and informatization of health care], № 2, 2017, pp. 47–57.
 4. Mal'kovec, M. V., Trofimenko, Z. V. (2012), Problems and Prospects for the Development of Extrabudgetary Financing of Healthcare Institutions in the Republic of Belarus, Medical and Social Ecology of a Person: Status and Prospects [Problemy i perspektivy razvitiya vnebjudzhetnogo finansirovaniya uchrezhdenij zdavoohranenija v Respublike Belarus', Mediko-social'naja jekologija lichnosti: sostojanie i perspektivy], *Materials of the X Intern. Conf.*, Minsk: Izd. centr BGU, 2012, pp. 292–295.
 5. Morozov, V. A., Morozova, O. K. (2006), Evaluation of the effectiveness of the budgetary institution by state and municipal governments [Ocenka jeffektivnosti dejatel'nosti bjudzhetnogo uchrezhdenija organami gosudarstvennogo i municipal'nogo upravlenija], *Buhgalterskij uchet v bjudzhetnyh i nekommercheskih organizacijah – Accounting in budgetary and non-profit organizations*, № 3 (147), 2006, pp. 13–14.
 6. Sangareeva, A. A., Budarin, S. S., Volkova, O. A. *Pokazateli i kriterii ocenki jeffektivnosti dejatel'nosti medicinskih organizacij v federal'nyh i regional'nyh normativnyh pravovyh aktah* [Indicators and criteria for evaluating the effectiveness of medical organizations in federal and regional regulatory legal acts] [Electronic resource] / Remedium group. – Access mode: <https://www.remedium.ru/health/>. Access date: 01/10/2020.
 7. Sidorenko, O. V. (2015), Methodological aspects of the economic analysis of the activities of budgetary organizations [Metodicheskie aspekty jekonomicheskogo analiza dejatel'nosti

bjudzhetnyh organizacij], *Buhgalterskij uchet v bjudzhetnyh i nekommercheskih organizacijah – Accounting in budgetary and non-profit organizations*, № 10 (370), 2015, pp. 15–18.

8. Shumakova, I. B. (2007), Factors that determine the direction and effectiveness of extra-budgetary activities of higher education institutions [Faktory, opredelajushhie napravlenija i jeffektivnost' vnebjudzhetoj dejatel'nosti vysshih uchebnyh zavedenij], *Izvestija Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gercena – News of Russian State Pedagogical University A.I. Herzen*, T. 16, Vypusk 40, 2007, pp. 556–559.

Статья поступила в редакцию 19. 03. 2020 г.

МИГРАЦИОННЫЕ ПОТОКИ ИЗ УКРАИНЫ В ПОЛЬШУ: ОЦЕНКА ОБЪЕМОВ И СТРУКТУРЫ

MIGRATION FLOWS FROM UKRAINE TO POLAND: VOLUME ASSESSMENT AND STRUCTURE

УДК 331.556(477:438)

С.Ю. Кучеренко*, В.В. Резник

Переяслав-Хмельницкий государственный педагогический университет им. Григория Сковороды

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13820>

S. Kucherenko*, V. Riznyk

Pereiaslav-Khmelnytskyi Hryhorii Skovoroda State Pedagogical University

РЕФЕРАТ

МИГРАЦИЯ, ТРУДОВАЯ МИГРАЦИЯ, МИГРАЦИОННЫЕ ПОТОКИ, ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ, ТРУДОУСТРОЙСТВО

Предметом исследования является анализ объемов и структуры миграционных потоков из Украины в Польшу. В статье раскрыты современные тенденции миграционных процессов в Украине. Выяснено, что Украина является донором трудовых ресурсов для Европы и входит в первую десятку стран-доноров международных мигрантов в мире. Выявлены основные мотивы трудовой миграции и причины выезда украинцев на работу за границу. Исследовано, какие страны украинцы предпочитают при трудоустройстве, раскрыты причины выбора тех или иных стран для трудоустройства, определен уровень среднемесячного заработка украинцев на родине и в других странах. Обоснованы причины, определившие выбор Польши как самой популярной страны для трудовой миграции. Раскрыты основные способы оформления трудоустройства иностранцев в Польше. Проанализированы сферы занятости украинских трудовых мигрантов в Польше и средний срок пребывания украинских трудовых мигрантов в данной стране. На основе проведенного анализа обобщены положительные и отрицательные факторы трудовой миграции украинских граждан для экономики Украины.

ABSTRACT

MIGRATION, LABOR MIGRATION, MIGRATION FLOWS, LABOR RESOURCES, EMPLOYMENT

The article presents the results of a study of the magnitude and structure of migration flows from Ukraine to Poland. The motives, causes, and trends of emigration processes occurring in Ukraine are analyzed. The factors of the impact of migration on the economy of the countries of exporters and countries of importers of labor are identified. The consequences of the fast pace of emigration for the Ukrainian economy are clarified. Advantages and disadvantages of external labor migration of Ukrainians are summarized.

ВВЕДЕНИЕ

Международная миграция как составляющая общего процесса миграции – явление не новое.

Оно возникло много веков назад по разным причинам: кочевничество скотоводов, военные и колониальные завоевания, стихийные бед-

* E-mail: ksvetau@i.ua (S. Kucherenko)

ствия, географические открытия и освоение новых жизненных пространств.

Украина – одна из крупнейших стран-доноров рабочей силы в Европе, где внешняя трудовая миграция стала объективной реальностью сегодняшнего дня. Потоки трудовой миграции сформировались в условиях низкой заработной платы в зарегистрированном секторе экономики, повышенного уровня безработицы и вынужденной неполной занятости, распространения бедности и высокого уровня расслоения населения, значительного разрыва в уровне оплаты труда в Украине и зарубежных странах (особенно в пересчете на иностранную валюту по официальному курсу). Даже экономический подъем, что некоторое время продолжался в Украине с 2000 г., так и не привел ни к реальному улучшению условий жизни широких слоев населения, ни к росту спроса на рабочую силу. Большинство показателей социально-экономического развития все еще далеки от европейских стандартов. Возможности трудоустройства на официальном рынке труда Украины остались ограниченными, к тому же занятость в зарегистрированном секторе экономики государства не только не гарантирует благополучия, а часто не обеспечивает и потребностей воспроизводства рабочей силы работающего [1].

Широкий круг проблем, связанных с трудовой миграцией украинских граждан, освещен в трудах известных отечественных ученых, таких как М. В. Бачинская, Н. С. Власенко, П. С. Кравчук, Э. М. Либанова, Е. А. Малиновская, В. И. Надрага и др. Рост миграционных процессов в Украине обуславливает актуальность темы научного исследования. В то же время отдельные важные проблемы, в частности, детальный анализ миграционных процессов украинцев в Польшу, последствия трудовой миграции в сфере региональной занятости населения, еще в достаточной мере не получили теоретического и практического решения.

Целью исследования является решение следующих задач: проанализировать мотивы, причины и тенденции эмиграционных процессов, происходящих в Украине; выявить факторы влияния миграции на экономику стран-экспортеров и стран-импортеров рабочей силы; выявить негативные последствия быстрых темпов

эмиграции для экономики Украины.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время Украина входит в первую десятку стран-доноров международных мигрантов в мире. По разным оценкам, количество трудовых мигрантов достигает 4 млн человек. При этом одновременно за пределами страны может находиться около 2,6–2,7 млн человек.

Определяющим критерием, позволяющим выделить миграцию из других перемещений граждан через границу, является мотивация – причина, которая побуждает экономического субъекта к деятельности для достижения определенной цели, наличие интереса к этой деятельности и способов ее реализации [2]. Ее мотивы представлены на рисунке 1.

Одной из главных проблем украинского рынка труда является «отток интеллекта». Высококвалифицированные специалисты покидают страну в поисках интересной и высокооплачиваемой работы. По сравнению с 2014–2015 годами, количество тех, кто имеет серьезные намерения выехать за рубеж в 2017 году, сократилось примерно вдвое. Что же толкает украинцев искать работу за пределами страны? На рисунке 2 отображены результаты опроса Международного кадрового портала hh.ua, из которого можно определить основные причины украинской миграции [4].

Наиболее благоприятной страной для легального трудоустройства украинских граждан является Польша (таблица 1). Это подтверждают результаты социологического опроса, проведенного Всеукраинской ассоциацией компаний [5].

Согласно расчетам Центра экономических стратегий, сделанным на основе данных Госпогранслужбы Украины, среднегодовое количество пересечений украинской границы с Польшей в 2009–2012 годах составляло 9 млн человек, в 2014–2017 годах – 18 млн человек.

Быстрый рост экономики страны и трудовая миграция поляков в другие страны привели к увеличению вакансий на фабриках, заводах, в строительстве, сельском хозяйстве, других отраслях, то есть в Польше не хватает трудовых ресурсов.

Средняя заработная плата граждан Украины в Польше колеблется в пределах 12–20 тыс. гривен [6] (в Украине – 6–8 тыс. гривен) и зависит

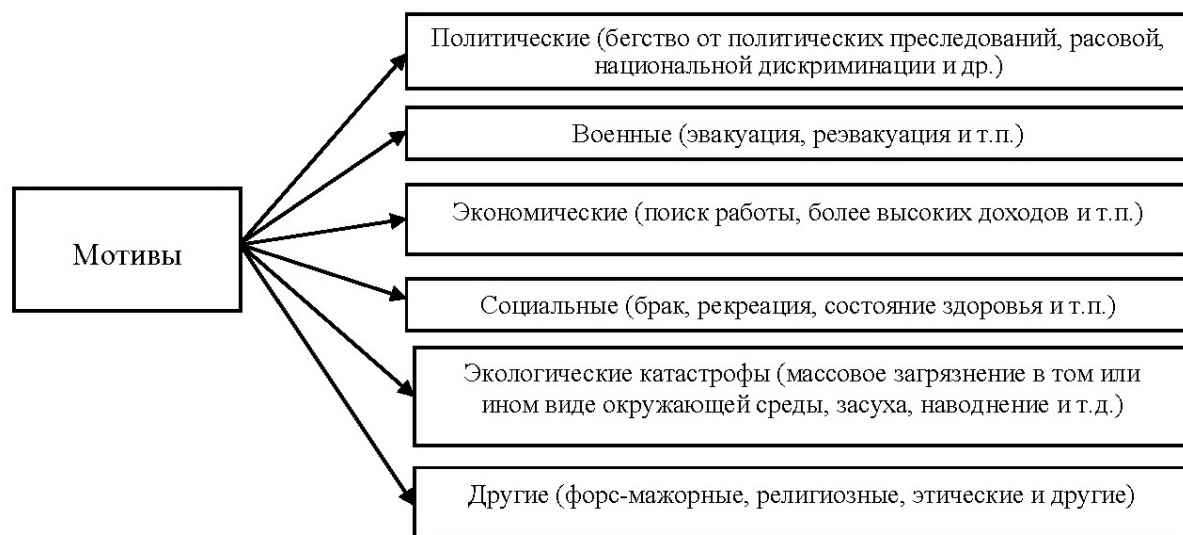


Рисунок 1 – Мотивы, обуславливающие миграцию в Украине [3, с.5]



Рисунок 2 – Основные причины выезда украинских граждан для работы за границей, 2016 г., в %

Источник: данные опроса Международного кадрового портала hh.ua [4].

от квалификации работника. Однако нанимать рабочих из Украины выгодно. Если строитель из Украины за месяц получает 900 дол. США, то польском специалисту необходимо заплатить

1300 долларов США. Продавцу в известном польском супермаркете предлагают от 14 тыс. грн, в Украине – от 4 тыс. гривен в месяц, работнику на складе в Польше – 23 тыс. грн, в Украине – 7 тыс.

Таблица 1 – Страны, которым украинские граждане отдавали предпочтение при трудоустройстве, 2016 г.

№ п/п	Страна	Удельный вес, %
1	Польша	36
2	Россия	25
3	Германия, Чехия	5
4	Италия	3
5	Испания, Португалия, Турция	2
6	Египет, Объединенные Арабские Эмираты, США, Финляндия	1

Источник: данные Всеукраинской ассоциации компаний по международному трудоустройству [5].

грн. Низкоквалифицированный персонал получает практически минимальную зарплату. В 2017 году она составляла 2 тыс. злотых (460 евро) и 1,5 тыс. (около 336 евро) – после уплаты всех налогов [7].

В Польше приняли закон, согласно которому минимальная зарплата трудового мигранта и поляка должна быть одинаковой, что серьезно отразится на миграционном потоке трудовых ресурсов из Украины в Польшу [7].

Со временем, если мигранты остаются работать, зарплата у них увеличивается. Напри-

мер, если поработать в Польше год, то можно рассчитывать на зарплату в 700 евро. При этом средняя зарплата в целом в Польше составляет 4 тыс. злотых, то есть чуть менее 1 тыс. евро. В Варшаве она несколько выше. Например, менеджер среднего звена получает в столице от 4 до 6 тыс. злотых [7]. В 2016 году польские компании изъявили желание нанять 1,3 млн рабочих (причем основная масса из них – граждане Украины), задействованных в частности на сезонных работах. Это примерно на две трети больше, чем в 2015 году [7].

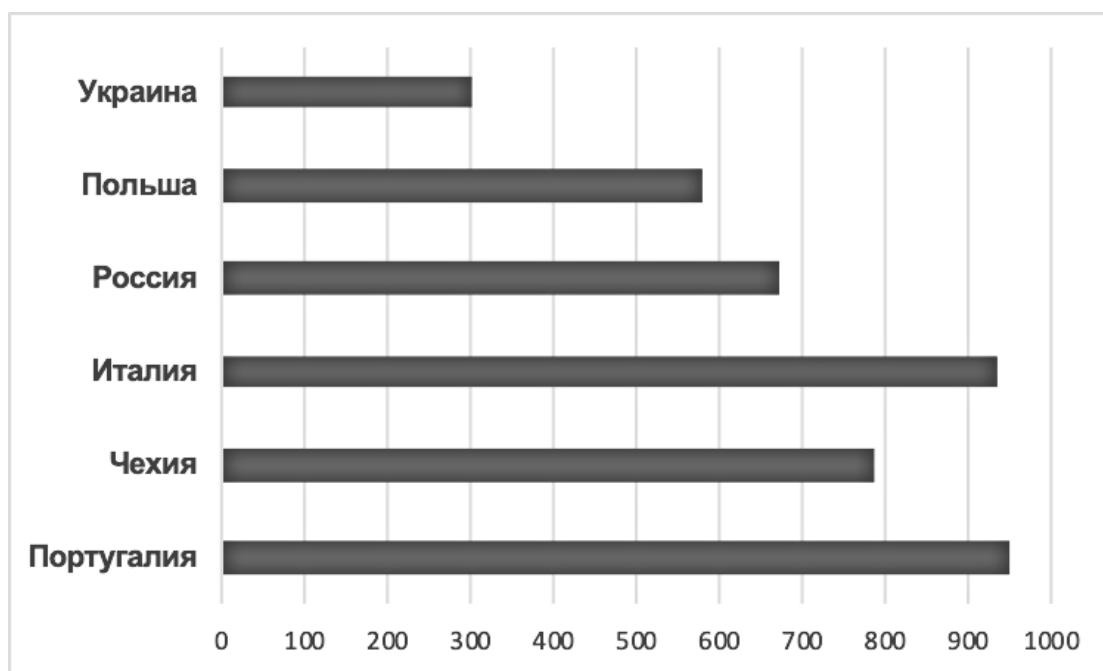


Рисунок 3 – Среднемесячный заработок украинца в Украине и за рубежом в 2015–2017 гг., дол. США [6]

Около 62 % украинских трудовых мигрантов планируют работать в Польше, 11 % из которых рассчитывают остаться там навсегда [4]. По результатам социологического исследования Всеукраинской ассоциации компаний по международному трудоустройству (рисунок 4) половина опрошенных (53 %) назвали главной причиной выбора Польши (а не другой страны) как места трудоустройства географическую близость. 44 % отметили, что мотивом выбора был больший размер заработной платы, 34 % – низкий языковой барьер, 30 % – наличие членов семьи или знакомых, которые уже проживают в Польше. 21 % отметили, что выбрали Польшу из-за большого количества предложений работы в этой стране, чем в других странах. Стабильная политическая и экономическая ситуация в Польше, культурно-историческая близость, невозможность выбрать другую страну Европы, кроме Польши, как мотивы обозначили от 6 до 7 % опрошенных. По 3 % опрошенных видели в Польше возможность обучения, или же лучшие перспективы личного развития. Высокий размер зарплаты и большее количество предложений на польском рынке

труда чаще было мотивом выбора для молодежи и лиц среднего возраста. Также это мотивировало несколько чаще мужчин. Зато женщины чаще мужчин выбирали Польшу из-за низкого языкового барьера и наличия там родственников (рисунок 4).

Вместе с ростом темпов трудовой миграции увеличивается число компаний, которые занимаются легализацией трудоустройства. Согласно отчету фонда «Наш выбор», в 2015 году таких агентств в Польше было 6081, в 2016 году – 7386, в 2017 году – 8646 [9]. По данным Государственного агентства статистики Польши, в стране официально работает около 2 млн граждан Украины [10]. Для защиты украинских работников зарегистрирован профсоюз.

По данным Центра экономической стратегии Украины [11], украинцы могут оформить свое трудоустройство в Польше четырьмя способами (таблица 2). Услуги агентства по трудоустройству в Польше стоят 5–6 тыс. грн., включая расходы на дорогу, страхование и визовый сбор. Также работник должен иметь 100–150 долл. на питание.



Рисунок 4 – Почему украинцы выбрали Польшу для миграции? (2018 г., в %)

Источник: данные социологического исследования группы «Рейтинг» [8].

Таблица 2 – Способы трудоустройства украинцев в Польше [11]

Способ	Документ	Статистика
Первый способ	– разрешение на работу, которое выдает воевода на основании заявления работодателя	По данным Министерства семьи, труда и социальной политики Польши в 2017 году таких разрешений выдано 192,5 тыс. по сравнению с 50 тыс. в 2015 году
Второй способ	– заявление о намерении трудоустройства иностранца. Дает право гражданам Украины и еще пяти стран выполнять несезонные работы за год	В 2017 году в Польше было 1,7 млн таких заявлений, но количество украинцев, устроенных по этой схеме, могло быть около 703 тыс. В 2015 году таких заявлений было зарегистрировано 763 тыс., но и на этом основании было выдано лишь 363 тыс.
Третий способ	– разрешение на временное проживание и работу, которое выдает воевода на основании заявления иностранца. Документ дает право на проживание и работу в течение трех лет	нет данных
Четвертый способ	– разрешение на сезонную работу. Этот порядок начал действовать с 1 января 2018 года. Он дает право работать в сезонных областях в течение девяти месяцев	нет данных

Польша упростила процедуру трудоустройства для граждан России, Грузии, Молдовы и Беларуси, но только для украинцев поляки упростили процедуру оформления трудовых виз. Теперь 9 из 10 трудовых мигрантов в Польше – с украинскими паспортами. Кроме того, Польша пытается вывести трудовых нелегалов из тени. С 2012 года работодатели должны оформлять на каждого рабочего трудовой договор, подтверждение визы и медицинской страховки. За каждого легального работника работодатель получает льготы на уплату налогов, а за «подпольного» нелегала – 3000 долларов США штрафа [12].

Пока молодые поляки едут на заработки в Великобританию, Ирландию, Нидерланды, Норвегию, другие страны (с момента вступления Польши в ЕС выехало 4 млн человек), их рабочие места могут занять граждане Украины. Ежегодно из Польши продолжают уезжать 2–2,4 млн поляков [6].

В Польше пользуются спросом врачи, медицинские сестры, инженеры, строители, сварщики, токари, операторы станков с числовым программным управлением, швеи, во-

дители-дальнобойщики. Труднее трудоустроиться химикам, биологам, педагогам, работникам социальной сферы. Химики могут найти работу только в регионах, где есть химическая промышленность. Выезжая за границу, украинские трудовые мигранты должны знать и, по возможности, уменьшить риски при трудоустройстве [13]. Польские политики подтверждают, что страна нуждается в украинских рабочих руках, и обещают изменить законодательство так, чтобы поощрить украинцев не только работать в Польше, но и переезжать туда всей семьей. К 2050 году Польше нужно будет минимум 5 млн украинцев на постоянное место жительства [5]. Поляки в основном положительно относятся к украинским работникам, но имеют место случаи, когда работодатели, которые приглашают на сезонные работы, не соблюдают своих обещаний и обязательств [14].

В Польше украинцы тратят треть заработанных средств, остальное передают домой. Украинцы, которые находятся в Польше на краткосрочных работах, тратят по 200–500 злотых, а остальные экономят. Польские работодатели предлагают украинским работникам льготы:



Рисунок 5 – Основные сферы занятости граждан Украины в Польше, 2018 г., в %

Источник: данные социологического исследования группы «Рейтинг» [8].

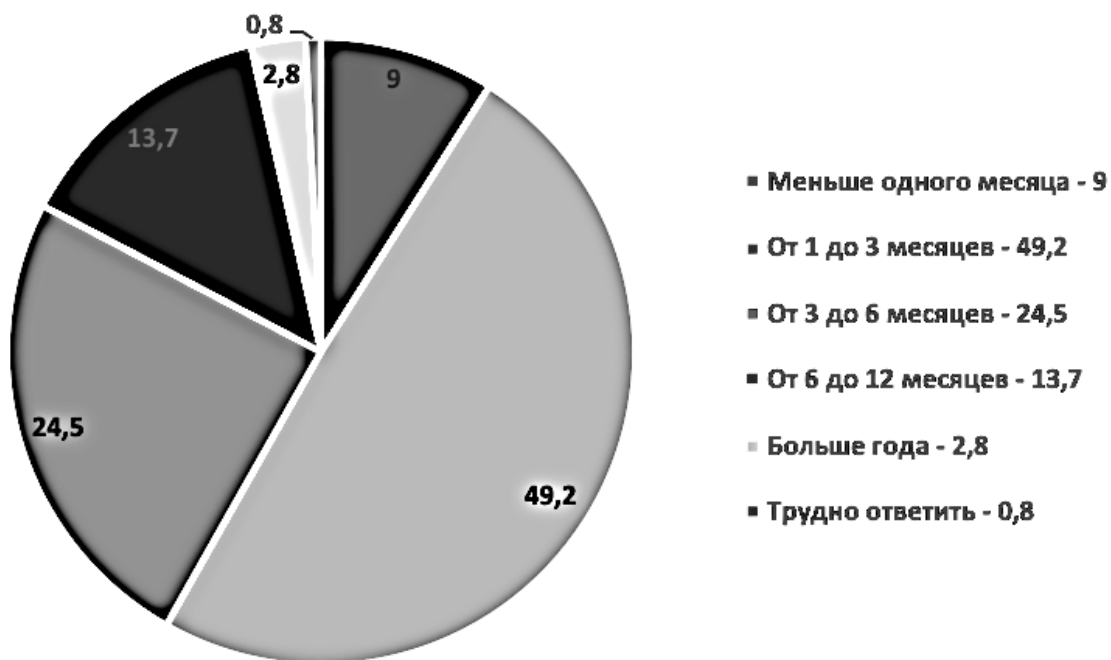


Рисунок 6 – Средний срок пребывания украинских граждан в Польше, 2018 г., в %

Источник: данные социологического исследования группы «Рейтинг» [8].

бесплатное проживание, транспортные услуги, а иногда и еду. Эти льготы снижают расходы на жизнь в Польше.

По данным Нацбанка Польши, в 2016 году суммы переводов в Украину составили почти 2 млрд долл. США, в 2018 году – уже 3,6 млрд долл. США. Однако почти все деньги передаются не через платежные системы, поэтому истинные объемы переводов оценить трудно [15].

Приведенные в таблице 1 данные характеризуют ситуацию с трудоустройством украинцев за рубежом в 2016 году. Но уже 2017 намерения украинцев меняются (таблица 3). Количество украинцев, работающих в Польше, за семь месяцев 2017 сократилось с 36 до 22 %, а желающих работать в Германии – выросло до 23 %. Количество желающих работать в шести странах Европы достигло 63 %, тогда как работающих в России снизилось до 6 % (в 2016 оно составляло 25 %).

Количество украинских студентов за рубежом стремительно растет после 2013 года. Лучшие карьерные возможности – это лишь один из факторов, которым привлекает образование в Польше. Среди других – возможность быстрее получить степень «бакалавр». В Украине для этого надо учиться четыре года, а в Польше или в Европейских университетах – три. Кроме того, в Польше облегченная, по сравнению с Украиной, процедура поступления в вуз – иностранным студентам достаточно выучить польский на уровне B1 или B2. Местные студенты не сдают экзамены, если говорить о большинстве направ-

лений и университетов. Около 60 % украинских студентов в Польше совмещали учебу с работой [16].

По данным аналитического центра CEDOS [17], в 2016/2017 учебном году в вузах за границей училось 77,4 тыс. человек с украинским гражданством. Если учесть, что в украинских учреждениях высшего образования на дневных программах тогда обучалось примерно 900 тыс. украинцев, то за рубежом обучалось около 8 % от общего количества тех, кто учится на дневных программах высшего образования. Чаще всего едут в Польшу, Россию, Германию, Канаду, Чехию, Италию, США, Испанию, Австрию, Францию, Словакию. На эти страны приходится более 90 % всех украинцев, обучающихся за рубежом. В течение последних девяти лет количество обучающихся за рубежом выросло более чем в три раза – с 24,1 тыс. до 77,4 тыс. человек. Наибольший прирост обеспечили Польша, Россия, Чехия, Словакия, Австрия, Италия, Испания, Канада и Болгария (рисунок 7).

Работодатели бьют тревогу, а чиновники признают, что отток рабочей силы за границу уже влияет на темпы экономического развития Украины, а вскоре может стать и одним из главных факторов риска. О том, что с такими проблемами сталкиваются все больше украинских предприятий, заявил председатель Конфедерации работодателей Украины О. Шевчук: «Страны, в которые движутся наши трудовые мигранты, получают рабочую силу, на подготовку которой они не потратили ни копейки. А наши работодатели уже

Таблица 3 – Результаты опроса о намерениях украинцев выехать с целью трудоустройства в другие страны, 2017 г.

№ п/п	Страна	Удельный вес, %
1	Германия	23
2	Польша	22
3	Италия	10
4	США	9
5	Великобритания	8
6	Чехия	7
7	Россия	6

Источник: данные Всеукраинской ассоциации компаний результатам опроса о намерениях украинцев выехать с целью трудоустройства в другие страны [5].

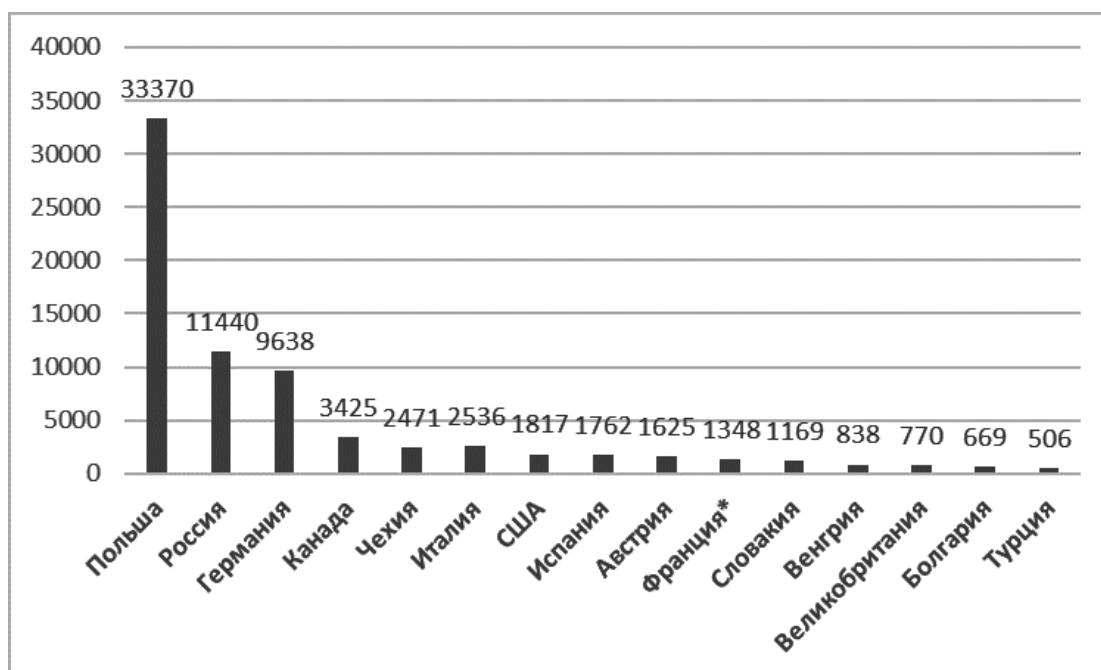


Рисунок 7 – Количество украинских студентов за рубежом в 2016/2017 уч.г., чел.

Источник: по результатам аналитического центра CEDOS [17].

сталкиваются с катастрофической нехваткой персонала» [18]. По результатам 2017 года, «более половины компаний (56 %) сталкиваются со сложностями в подборе персонала, в том числе это связано с ростом масштабов трудовой миграции за границу», – сообщили в ответе на запрос BBC News Украина Е. Бойченко и Ю. Головки из People Advisory Services, EY Ukraine [18]. В EY Ukraine также обращают внимание, что к концу 2017 года возросла текучесть кадров. Более половины (53 %) тех, кто уволился по собственному желанию, в качестве причины указывают именно трудовую миграцию за границу [18].

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенное исследование позволило сделать вывод о существенном изменении объемов и структуры миграционных потоков из Украины. Наиболее благоприятной страной для легального трудоустройства украинских граждан является Польша, что обусловлено существенным упрощением польским правительством процедуры оформления трудовых виз для украинцев. В результате 9 из 10 трудовых мигрантов в Польше – украинцы. По

разным оценкам количество трудовых мигрантов из Украины в Польше составляет от 1,5 до 2,5 млн. человек. Основные сферы занятости украинцев в Польше – физический труд и работа в сфере обслуживания. На польском рынке труда пользуются спросом врачи, медицинские сестры, инженеры, строители, сварщики, токари, операторы программного обеспечения, швеи, водители-дальнобойщики.

Основными мотивами трудовой миграции из Украины в Польшу являются: географическая близость; выше уровень заработной платы; низкий уровень языкового барьера; наличие членов семьи или знакомых, которые уже работают в Польше; большое количество предложений работы в Польше. При этом следует отметить тенденцию планомерной переориентации украинских трудовых мигрантов из Польши на Германию, где средний уровень заработной платы значительно выше польской.

К наиболее значимым негативным факторам внешней трудовой миграции украинцев в Польшу относятся дисбалансы на рынке труда Украины, повышенные ожидания работников по

размерам зароботної плати, можливе углублення нерівності в доходах між домогосподарствами, неефективне використання державних засобів на соціальну захист. Самим помітним позитивним фактором зовнішньої трудової міграції українців є те, що більшість заробітаних за кордоном засобів повертаються в Україну. Ці засоби підтримують курс національної валюти і фінансують споживання домогосподарств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Населення України. Трудова еміграція в Україні (2010), Київ: Ін-т демографії та соціальних досліджень ім. М.В. Птухи НАН України, електронний ресурс: http://www.idss.org.ua/monografii/poznyak_2010.pdf (дата доступу 8 жовтня 2019).
2. Дяків, Р. (2000), *Енциклопедія бізнесмена, економіста, менеджера*, Київ: Міжнародна економічна фундація, 704 с.
3. Дмитрук, Б. П., Чудаєва, І. Б. (2018), Еміграційні процеси в Україні: мотивації, тенденції та наслідки для країни, *Економіка та держава*, 2018, № 1, С. 4–10.
4. Українці назвали головні причини трудової міграції, 21 червня 2016 г., електронний ресурс: <https://delo.ua/lifestyle/ukraincy-nazvali-glavnye-prichiny-trudovoj-migracii-318777/> (дата доступу 18 жовтня 2019).
5. Васюнець, Н. (2017), Уже 10 000 000. *Експрес*, 2017, № 45. С. 1–3.
6. Рафал, А. (2017), Робота фізична в схилій позиції. *Ітоги тижня*, 2017, № 37, С. 4.
7. Романюк, Е. (2017), Робота в Польщі: економія і кров'ять поспішно. *Ітоги тижня*, 2017, № 5, С. 5.

REFERENCES

1. *Naselennia Ukrainy. Trudova emigratsiia v Ukraini* (2010), [The population of Ukraine. Labor emigrants in Ukraine]. Kyiv: In-t demohrafi ta sotsialnykh doslidzhen im. M.V. Ptukhy NAN Ukrainy, access mode: http://www.idss.org.ua/monografii/poznyak_2010.pdf.
2. Diakiv, R. (2000), *Entsyklopediia biznesmena, ekonomista, menedzhera* [Encyclopedia of businessman, economist, manager], Kyiv: Mizhnarodna ekonomichna fundatsiia, 704 p.
3. Dmytruk, B. P., Chudaieva, I. B. (2018), Emigration Processes in Ukraine: Motivations, Trends and Consequences for the Country [Emigratsiini protsesy v Ukraini: motyvatsii, tendentsii ta naslidky dlia krainy], *Ekonomika ta derzhava – Economy and State*, № 1, pp. 4–10.
4. Ukraintsy nazvali glavnye prichiny trudovoy migratsii, 21 iyunya 2016 g., [Ukrainians named the main causes of labor migration, June 21, 2016], access mode: <https://delo.ua/lifestyle/ukraincy-nazvali-glavnye-prichiny-trudovoj-migracii-318777/>.
5. Vasiunets, N. (2017), Already 10,000,000 [Uzhe 10 000 000], *Ekspres – Express*, № 45. pp. 1–3.
6. Rafal, A. (2017), Physical work in a prone position [Rabota fizicheskaya v sklonnoy pozitsii], *Itogi nedeli – Results of the week*, № 37, p. 4.

8. Работа в Польше: мнения заробитчан, электронный ресурс: http://ratinggroup.ua/ru/research/regions/rabota_v_polshe_mneniya_zarobitchan.html (дата доступа 16 ноября 2019).
9. Официальный сайт фонда «Наш выбор», электронный ресурс: <https://naszwybir.pl/fond-nash-vibir/> (дата доступа 16 ноября 2019).
10. Официальный сайт Государственного агентства статистики Польши, электронный ресурс: <https://stat.gov.pl/> (дата доступа 17 ноября 2019).
11. Официальный сайт Центра экономической стратегии, электронный ресурс: <https://ces.org.ua/> (дата доступа 16 ноября 2019).
12. Польшин, В. (2015), Польская община для украинцев. *Итоги недели*, 2015, № 29, С. 5.
13. Кучер, І. (2017), Робота там: як не попастися на гачок. *Експрес*, 2017, № 18, С. 12.
14. Дмитрук, Б. П. (2015), Міжнародна міграція: тенденції, причини, наслідки. *Проблеми вдосконалення економіко-правової системи України на сучасному етапі розвитку громадянського суспільства: тези доповідей часників Всеукраїнської науково-практичної конференції*, Черкаси: Східноєвропейський університет економіки і менеджменту, 2015, С. 189–192.
15. Польша остается для украинцев основным рынком трудоустройства за рубежом, электронный ресурс: <https://delo.ua/economyandpoliticsinukraine/ukrainskie-zarobitchane-pereveli-iz-polshi-bolee-351662/> (дата доступа 18 ноября 2019).
16. Ежегодно в Польше растет количество украинских студентов: чем привлекает образование за рубежом, 26 марта 2019 г., электронный ресурс: <https://tsn.ua/ru/ukrayina/ezhegodno-v-polshe-rastet-kolichestvo-ukrainskih-studentov-chem-privlekaet-obrazovanie-za->
7. Romanyuk, E. (2017), Work in Poland: saving and a shift bed [Rabota v Pol'she: ekonomiya i krovat' posmenno], *Itogi nedeli – Results of the week*, № 5, p. 5.
8. Rabota v Pol'she: mneniya zarobitchan [Work in Poland: the opinions of migrants], access mode: http://ratinggroup.ua/ru/research/regions/rabota_v_polshe_mneniya_zarobitchan.html.
9. Ofitsial'nyy sayt fonda «Nash vybir» [The official website of the Our Choice Foundation], access mode: <https://naszwybir.pl/fond-nash-vibir/>.
10. Ofitsial'nyy sayt Gosudarstvennogo agentstva statistiki Pol'shi [Official website of the Statistics Poland], access mode: <https://stat.gov.pl/>.
11. Ofitsial'nyy sayt Tsentra ekonomicheskoy strategii [The official website of the Center for Economic Strategy], access mode: <https://ces.org.ua/>.
12. Pol'chin, V. (2015), Polish community for Ukrainians [Pol'skaya obshchina dlya ukraintsev], *Itogi nedeli – Results of the week*, № 29, p. 5.
13. Kucher, I. (2017), Working there: how not to get hooked [Robota tam: yak ne popastysia na hachok], *Ekspres – Express*, № 18, p. 12.
14. Dmytruk, B. P. (2015), International migration: trends, causes, consequences [Mizhnarodna mihratsiia: tendentsii, prychyny, naslidky]. *Problemy vdoskonalennia ekonomiko-pravovoi systemy Ukrainy na suchasnomu etapi rozvytku hromadianskoho suspilstva: tezy dopovidei chasnykiv Vseukrainskoi naukovopraktychnoi konferentsii*, Cherkasy: Skhidnoievropeyskyi universytet ekonomiky i menedzhmentu, p. 189–192.
15. Pol'sha ostaetsya dlya ukraintsev osnovnym rynkom trudoustroystva za rubezhom [Poland remains the main job market for Ukrainians abroad], access mode: <https://delo.ua/economyandpoliticsinukraine/ukrainskie->

- rubezhom-1318044.html (дата доступу 16
ноября 2019).
17. Стадний, Є. (2019), Українське студентство за кордоном: дані до 2017/18 навчального року. Офіційний сайт аналітичного центру Cedoss, 21 січня 2019 р. електронний ресурс: <https://cedos.org.ua/uk/articles/ukrainske-studentstvo-za-kordonom-dani-do-201718-navchalnoho-roku> (дата доступу 17 ноября 2019).
 18. Зануда, А. (2018), Как влияет на экономику Украины трудовая миграция, 27 марта 2018 г., електронний ресурс: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-russian-43545876> (дата доступа 15 ноября 2019).
 - zarobitchane-pereveli-iz-polshi-bolee-351662/.
 16. Ezhegodno v Pol'she rastet kolichestvo ukrainskikh studentov: chem privlekaet obrazovanie za rubezhom, 26 marta 2019 g. [The number of Ukrainian students is growing annually in Poland: what attracts education abroad, March 26, 2019], access mode: <https://tsn.ua/ru/ukrayina/ezhegodno-v-polshe-rastet-kolichestvo-ukrainskih-studentov-chem-privlekaet-obrazovanie-za-rubezhom-1318044.html>.
 17. Stadnyi, Ye. (2019), Ukrainske studentstvo za kordonom: dani do 2017/18 navchalnoho roku [Ukrainian Student Abroad: Data for the 2017/18 Academic Year]. Ofitsiyni sait analitychno-ho tsentru Cedoss, 21 sichnia 2019 r., access mode: <https://cedos.org.ua/uk/articles/ukrainske-studentstvo-za-kordonom-dani-do-201718-navchalnoho-roku>.
 18. Zanuda, A. (2018), Kak vliyaet na ekonomiku Ukrainy trudovaya migratsiya, 27 marta 2018 g. [How labor migration affects the Ukrainian economy, March 27, 2018], access mode: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-russian-43545876>.

Статья поступила в редакцию 08. 02. 2020 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОММЕРЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ANALYZING AND EVALUATING THE PERFORMANCE OF A COMMERCIAL ORGANIZATION

УДК 347.72

Л.В. Прудникова*, Т.В. Жиганова

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13821>

L. Prudnikava*, T. Zhyhanava

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, РЕЗУЛЬТАТ, ДОБАВЛЕННАЯ СТОИМОСТЬ, ПОТРЕБЛЕННЫЕ РЕСУРСЫ, ПРИМЕНЕННЫЕ РЕСУРСЫ, ИНТЕНСИВНЫЕ И ЭКСТЕНСИВНЫЕ ФАКТОРЫ, ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ, ПОКАЗАТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ

В работе обоснована необходимость анализа и оценки результативности деятельности коммерческой организации. На основе комплексного подхода разработана методика анализа и оценки результативности деятельности коммерческой организации, включающая: оценку и анализ динамики отдельных показателей, характеризующих результат от текущей, финансовой и инвестиционной деятельности, так и их динамические зависимости; оценку преобладания интенсивных и экстенсивных факторов в динамике соответствующих результатов деятельности организации; выявление соблюдения установленных нормативных динамических зависимостей между показателями, характеризующими результативность деятельности организации и ее ресурсами; оценку и анализ динамики показателей, характеризующих результативность исследуемых видов деятельности организации; оценку и анализ влияния факторов на динамику результативности деятельности организации. В результате апробации методики в организациях Витебской области, занимающихся производством текстильных изделий, продуктов питания, вычислительной аппаратуры, определены ключевые проблемы результативности деятельности.

ABSTRACT

EFFICIENCY OF PERFORMANCE, RESULT, ADDED VALUE, CONSUMED RESOURCES, APPLIED RESOURCES, INTENSIVE AND EXTENSIVE FACTORS, DYNAMIC DEPENDENCIES, RESULTS INDICATORS

The paper substantiates the need for analysis and evaluation of the performance of a commercial organization. Based on an integrated approach, a methodology for analyzing and evaluating the performance of a commercial organization was developed, including: assessing and analyzing the dynamics of individual indicators characterizing the result of current, financial and investment activities, as well as their dynamic dependencies; assessment of the prevalence of intensive and extensive factors in the dynamics of the relevant results of the organization; identification of compliance with established normative dynamic relationships between indicators characterizing the effectiveness of the organization and its resources; assessment and analysis of the dynamics of indicators characterizing the effectiveness of the studied activities of the organization; assessment and analysis of the influence of factors on the dynamics of the effectiveness of the organization. As a result of testing the methodology in organizations of the Vitebsk region engaged in the production of textiles, food products, computer equipment, the key problems of performance have been identified.

* E-mail: Prudnikova70@yandex.ru (L. Prudnikava)

Результативность деятельности организации является основным критерием при определении перспектив существования и дальнейшего ее развития. В научной литературе существует практика подмены или же синонимизации понятий «эффективность» и «результативность», что отражается на правильности понимания сущности и оценки этих категорий. Обобщение разных точек зрения по вопросу сущности такого понятия, как «результативность», позволяет сделать вывод о том, что данная категория не является тождественной по отношению к такой категории, как «эффективность», однако при этом они взаимозависимы и взаимодополняемы. Результативность деятельности коммерческой организации отражает ее способность использовать не только имеющиеся внутренние ресурсы, но и умение извлекать ресурсы из внешней среды, необходимые организации для ее функционирования в реально складывающихся макроэкономических условиях, для достижения целевых показателей и удовлетворения потребности потребителей наилучшим образом.

Успехи организации в отдельных сферах менеджмента рано или поздно находят свое отражение в результатах ее деятельности. При этом сущность и особенности результативности деятельности организации можно выявить при наличии возможности ее измерения. Измерение результативности функционирования организации, как многоэлементной категории, возможно благодаря набору определенных критериев и показателей.

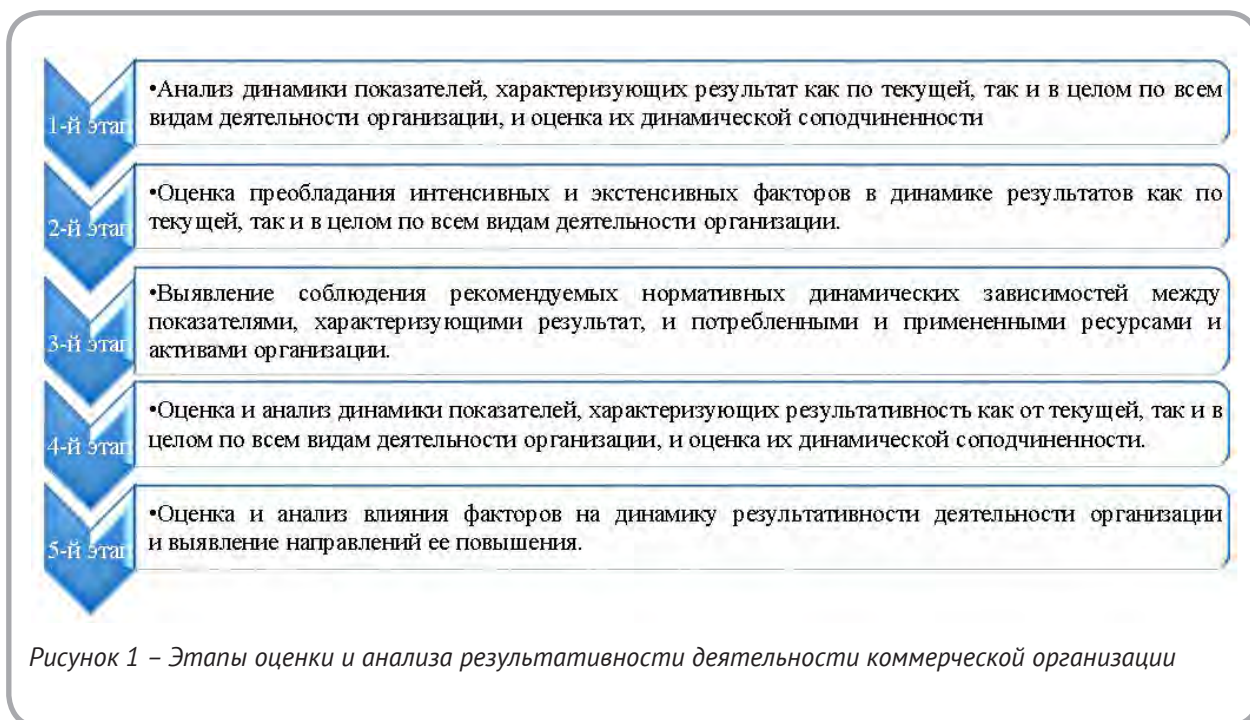
Оценка степени согласованности мнений авторов показала, что большинство из них предлагают использовать для оценки и анализа результативности качественный показатель – рентабельность и его составной элемент – прибыль, выделяя различные ее виды. Менее 50 % исследователей заявляют о необходимости использования для оценки результативности такого показателя, как доходы, характеризующего результат функционирования организации. Всего лишь 22 % исследователей отождествляют оценку результативности с эффективностью или определяют результативность как составной элемент эффективности и для ее оценки предлагают использовать традиционные показатели эффективности [4–8, 13].

Так как результативность функционирования организации зависит от состояния ее внутренней среды и от уровня ее взаимодействия с внешней средой, а также от уровня достижения поставленных целей и задач [13, 15–17], по мнению авторов, показатели, которые необходимо использовать для оценки результативности деятельности организации, должны отражать результаты не только текущей, но и финансовой и инвестиционной деятельности и отдачу совокупных активов организации, потребленных и примененных ресурсов. При этом нельзя ограничиваться при рассмотрении текущей деятельности, только выручкой от реализации продукции и (или) прибылью от реализации продукции. Исследуя результат от текущей деятельности, необходимо в перечень показателей включить добавленную стоимость. О преимуществах добавленной стоимости по сравнению с такими показателями, как выручка и прибыль, в последнее время много высказано различных мнений. Так, по мнению ряда авторов, использование показателя «добавленная стоимость» позволяет устранить влияние фактора материалоёмкости продукции. Согласно «Методическим рекомендациям по расчету добавленной стоимости и добавленной стоимости на одного среднесписочного работника (производительности труда по добавленной стоимости) на уровне организации», утвержденным Постановлением Министерства экономики Республики Беларусь и Министерства труда Республики Беларусь от 31 мая 2012г. № 48/71, добавленная стоимость, в отличие от показателя прибыли, согласует интересы не только корпоративного, но и государственного характера, поскольку учитывает требования законодательства по обеспечению социальных и экологических гарантий [10].

Качество принимаемых управленческих решений в достижении определенного уровня результативности деятельности организации зависит от количества и качества располагаемой информации и используемого методического инструментария [11].

По мнению авторов, анализ и оценку результативности деятельности организации необходимо проводить в несколько этапов (рисунок 1).

На первом этапе оценки и анализа результа-



Источник: составлено авторами.

тивности деятельности коммерческой организации необходимо проанализировать изменение показателей, характеризующих результат деятельности организации за исследуемый период времени. Результат функционирования организации зависит не только от состояния ее внутренней среды, но и от уровня ее взаимодействия с внешней средой; от уровня достижения поставленных целей и задач; от состава и структуры видов деятельности, осуществляемых организацией (текущей, финансовой и инвестиционной).

По мнению авторов, система показателей должна отражать фактические результаты не только по текущей (выручка от реализации продукции (**Вр**), добавленная стоимость (**ДС**), доход по текущей деятельности (**Дт.д.**), прибыль от реализации продукции (**Пр**), прибыль от текущей деятельности (**Пт.д.**)), но и по финансовой (доход по финансовой деятельности (**Дф.д.**), прибыль от финансовой деятельности (**Пф.д.**)) и инвестиционной (доход по инвестиционной деятельности (**Ди.д.**), прибыль от инвестиционной деятельности (**Пи.д.**)), а также в целом по всем видам деятельности (совокупный доход (**Д**), прибыль до налогообложения (**Пн.о.**), чистая прибыль (**ЧП**)). При этом в процессе исследования

динамики вышеперечисленных показателей не достаточно оценить темпы изменения каждого из них в отдельности. Необходимо выявить соблюдение определенной динамической соподчиненности. Ориентируясь на золотое правило бизнеса, авторами предлагается использовать для анализа динамики результатов деятельности коммерческих организаций динамические зависимости, представленные в таблице 1.

На втором этапе оценки и анализа результативности деятельности коммерческой организации необходимо оценить, какие факторы (экстенсивные или интенсивные) оказали преобладающее влияние на динамику исследуемых показателей, характеризующих результат деятельности организации (таблица 2).

На третьем этапе оценки и анализа результативности деятельности коммерческой организации осуществляется выявление соблюдения рекомендуемых нормативных динамических зависимостей между показателями, характеризующими результат, и потребленными и примененными ресурсами и активами организации.

На данном этапе рассчитываются темпы роста не только показателей, характеризующих результат как от текущей, так и от всех видов деятельности, осуществляемых коммерческой ор-

Таблица 1 – Система показателей, характеризующих результаты от текущей, финансовой, инвестиционной деятельности коммерческой организации, расположенные в соответствии с золотым правилом бизнеса, и их ранги

Темпы роста	Прибыль от реализации продукции	Добавленная стоимость	Выручка от реализации продукции
Ранги	1	2	3
Темпы роста	Прибыль от текущей деятельности		Доход по текущей деятельности
Ранги	1		2
Темпы роста	Прибыль от инвестиционной деятельности		Доход по инвестиционной деятельности
Ранги	1		2
Темпы роста	Прибыль от финансовой деятельности		Доход по финансовой деятельности
Ранги	1		2
Темпы роста	Чистая прибыль	Прибыль до налогообложения	Совокупный доход
Ранги	1	2	3

Источник: составлено авторами.

Таблица 2 – Оценка уровня воздействия интенсивных и экстенсивных факторов на динамику результатов деятельности организации

Показатель	Формула	Характеристика
Доля прироста потребленных ресурсов на один процент прироста добавленной стоимости	$D_{нр.Рном./ДС} = (I_{Рном.} - 100)/(I_{ДС} - 100)$, где $I_{Рном.}$ – индекс потребленных ресурсов; $I_{ДС}$ – индекс добавленной стоимости.	Характеризует уровень воздействия экстенсивного фактора на прирост добавленной стоимости
Доля прироста добавленной стоимости за счет повышения результативности потребленных ресурсов	$D_{нр.ДС} = (1 - (I_{Рном.} - 100)/(I_{ДС} - 100)) \cdot 100$	Характеризует долю влияния интенсивного фактора в общем приросте объема добавленной стоимости
Доля прироста совокупных активов на один процент прироста чистой прибыли	$D_{нр.А/чп} = (I_A - 100)/(I_{чп} - 100)$, где I_A – индекс совокупных активов; $I_{чп}$ – индекс чистой прибыли.	Характеризует уровень воздействия экстенсивного фактора на прирост чистой прибыли
Доля прироста чистой прибыли за счет повышения результативности совокупных активов	$D_{нр.чп} = (1 - (I_A - 100)/(I_{чп} - 100)) \cdot 100$	Характеризует долю влияния интенсивного фактора в общем приросте чистой прибыли

Источник: составлено авторами.

ганизацией, но и темпы роста различных видов активов, потребленных и примененных ресурсов организации. При этом даётся динамическая оценка исследуемых цепочек показателей путём установления нормативного режима функцио-

нирования организации и его сравнения с фактическим режимом с помощью коэффициента Спирмена (Kc). Оптимальным значением данного коэффициента является 1, так как в этом случае нет отклонения по рангам фактических

показателей от нормативных.

Предлагаемые авторами нормативные динамические зависимости (таблица 3) могут корректироваться (изменяя ранги) в соответствии с изменениями целей и задач на современном этапе развития экономики.

Экономическая интерпретация представленных в таблице 3 соотношений включает:

– превышение темпа роста прибыли от реализации над темпом роста выручки от реализации продукции свидетельствует об относительном снижении затрат при использовании ресурсов в процессе осуществления текущей деятельности в исследуемом периоде;

– превышение темпа роста добавленной стоимости над темпом роста доходов по текущей деятельности свидетельствует об относительном снижении материальных затрат в процессе осуществления текущей деятельности в рассматриваемом периоде;

– превышение темпа роста прибыли от реализации над темпами роста системы как потребленных, так и примененных ресурсов, свидетельствует о росте результативности использования ресурсного потенциала в процессе осуществления текущей деятельности в анализируемом периоде;

– превышение темпа роста добавленной стоимости над темпами роста системы как потребленных, так и примененных ресурсов, свидетельствует о повышении удовлетворения интересов не только корпоративного, но и государственного характера при использовании ресурсного потенциала в процессе осуществления текущей деятельности;

– превышение темпа роста выручки от реализации и дохода по текущей деятельности над темпами роста системы как потребленных, так и примененных ресурсов, свидетельствует о повышении интенсивности их использования в

Таблица 3 – Нормативные динамические зависимости между показателями, характеризующими результат, и различными видами активов, потребленными и примененными ресурсами, и их ранги

Наименование	Динамические зависимости														Кс	
По текущей деятельности																
Нормативный режим	$T_{Пр}$	>	$T_{Вр}$	>	$T_{Ср}$	>	$T_{СК}$	>	$T_{КА}$	>	$T_{ДА}$	>	$T_{НА}$	>	$T_{Чпер.}$	1
Ранги	1		2		3		4		5		6		7		8	
Нормативный режим	$T_{ДС}$	>	$T_{Дмд}$	>	$T_{Сн}$	>	$T_{КА}$	>	$T_{ОСа}$	>	$T_{Чраб.}$					1
Ранги	1		2		3		4		5		6					
По всем видам деятельности																
Нормативный режим	$T_{ЧП}$	>	$T_{Пн.о.}$	>	$T_{Дсов.}$	>	$T_{А}$	>	$T_{Чпер.}$							1
Ранги	1		2		3		4		5							

Примечание: $T_{ДС}$ – темп роста добавленной стоимости; $T_{Дмд}$ – темп роста дохода по текущей деятельности; $T_{Сн}$ – темп роста себестоимости произведенной продукции; $T_{КА}$ – темп роста средней суммы краткосрочных активов; $T_{Оса}$ – темп роста среднегодовой стоимости активной части основных средств; $T_{Чраб.}$ – темп роста среднесписочной численности рабочих; $T_{Пр}$ – темп роста прибыли от реализации продукции; $T_{Вр}$ – темп роста выручки от реализации продукции; $T_{Ср}$ – темп роста себестоимости реализованной продукции; $T_{СК}$ – темп роста средней суммы собственного капитала; $T_{ДА}$ – темп роста средней суммы долгосрочных активов; $T_{Н\Lambda}$ – темп роста средней суммы нематериальных активов; $T_{Чпер.}$ – темп роста среднесписочной численности персонала организации; $T_{ЧП}$ – темп роста чистой прибыли; $T_{Пн.о.}$ – темп роста прибыли до налогообложения; $T_{Дсов.}$ – темп роста совокупных доходов; $T_{А}$ – темп роста средней суммы активов.

Источник: составлено авторами.

процессе осуществления текущей деятельности в исследуемом периоде;

- превышение темпа роста чистой прибыли и прибыли до налогообложения над темпом роста совокупных доходов свидетельствует об относительном снижении затрат по всем видам деятельности в исследуемом периоде;

- превышение темпа роста чистой прибыли над темпами роста ресурсов свидетельствует о росте результативности использования ресурсного потенциала организации в анализируемом периоде;

- превышение темпа роста совокупных доходов над темпами роста ресурсов свидетельствует о повышении интенсивности их использования в рассматриваемом периоде.

На четвертом этапе осуществляется оценка и анализ динамики показателей, характеризующих результативность деятельности коммерческой организации. Для оценки и анализа результативности деятельности организации предлагается использовать следующую систему показателей:

- по текущей деятельности: коэффициент отдачи потребленных и примененных ресурсов, рассчитанный на основе добавленной стоимости ($K_{P(ДС)}$); коэффициент отдачи потребленных и примененных ресурсов, рассчитанный на основе выручки от реализации продукции ($K_{P(ВР)}$); коэффициент отдачи потребленных и примененных ресурсов, рассчитанный на основе дохода по текущей деятельности ($K_{P(Дмд)}$); коэффициент отдачи потребленных и примененных ресурсов, рассчитанный на основе прибыли от реализации продукции ($K_{P(Пр)}$); коэффициент отдачи производственных активов, рассчитанный на основе добавленной стоимости ($K_{ПА(ДС)}$); коэффициент отдачи производственных активов, рассчитанный на основе выручки от реализации продукции ($K_{ПА(ВР)}$); коэффициент отдачи производственных активов, рассчитанный на основе дохода по текущей деятельности ($K_{ПА(Дмд)}$); коэффициент отдачи производственных активов, рассчитанный на основе прибыли от реализации продукции ($K_{ПА(Пр)}$); коэффициент отдачи совокупных активов, рассчитанный на основе добавленной стоимости ($K_{А(ДС)}$); коэффициент отдачи совокупных активов, рассчитанный на основе выручки от реализации продукции ($K_{А(ВР)}$); ко-

эффициент отдачи совокупных активов, рассчитанный на основе дохода по текущей деятельности ($K_{А(Дмд)}$); коэффициент отдачи совокупных активов, рассчитанный на основе прибыли от реализации продукции ($K_{А(Пр)}$); рентабельность продаж ($R_{пр}$); рентабельность по текущей деятельности ($R_{м.д.}$);

- по финансовой и инвестиционной деятельности: рентабельность по финансовой деятельности ($R_{ф.д.}$); рентабельность по инвестиционной деятельности ($R_{и.д.}$);

- по всем видам деятельности: коэффициент устойчивости экономического роста ($K_{у.э.р.}$); рентабельность организации ($R_{орг.}$); рентабельность акционерного капитала ($R_{а.к.}$); коэффициент отдачи потребленных и примененных ресурсов, рассчитанный на основе чистой прибыли ($K_{Р(ЧП)}$); коэффициент отдачи совокупных активов, рассчитанный на основе чистой прибыли ($K_{А(ЧП)}$).

На данном этапе оцениваются не только статистические характеристики исследуемых показателей результативности, но и даётся динамическая оценка предлагаемых авторами цепочек показателей путём установления нормативного режима функционирования организации и сравнения его с фактическим режимом с помощью коэффициента Спирмена.

Экономическая интерпретация представленных в таблице 4 соотношений включает:

- превышение темпа роста прибыли от реализации продукции, приходящейся на один рубль потребленных и примененных ресурсов, над темпом роста добавленной стоимости, приходящейся на один рубль потребленных и примененных ресурсов, свидетельствует об относительном снижении затрат при использовании трудовых ресурсов и основного капитала в процессе осуществления текущей деятельности;

- превышение темпа роста добавленной стоимости, приходящейся на один рубль потребленных и примененных ресурсов, над темпом роста выручки от реализации продукции, приходящейся на один рубль потребленных и примененных ресурсов, свидетельствует об относительном снижении материальных затрат в процессе осуществления текущей деятельности в анализируемом периоде;

- превышение темпа роста чистой прибыли,

Таблица 4 – Нормативные динамические зависимости между показателями, характеризующими результативность функционирования организации, и их ранги

Наименование	Динамические зависимости					Кс
По текущей деятельности						
Нормативный режим	$T_{Кр(Пр)}$	>	$T_{Кр(ДС)}$	>	$T_{Кр(Вр)}$	1
Ранги	1		2		3	
По всем видам деятельности						
Нормативный режим	T_{Ra}	>	$T_{Ка(Пно)}$	>	$T_{Ка(Д)}$	1
Ранги	1		2		3	

Примечание: $T_{Кр(Пр)}$ – темпы роста коэффициента отдачи потребленных и примененных ресурсов, рассчитанного на основе прибыли от реализации продукции; $T_{Кр(ДС)}$ – темпы роста коэффициента отдачи потребленных и примененных ресурсов, рассчитанного на основе добавленной стоимости; $T_{Кр(Вр)}$ – темпы роста коэффициента отдачи потребленных и примененных ресурсов, рассчитанного на основе выручки от реализации продукции; T_{Ra} – темпы роста рентабельности активов; $T_{Ка(Пно)}$ – темпы роста коэффициента отдачи совокупных активов, рассчитанного на основе прибыли до налогообложения; $T_{Ка(Д)}$ – темпы роста коэффициента отдачи совокупных активов, рассчитанного на основе совокупных доходов.

Источник: составлено авторами.

приходящейся на один рубль совокупных активов организации, над темпом роста прибыли до налогообложения, приходящейся на один рубль совокупных активов организации, свидетельствует о высоком уровне менеджмента в направлении использования преференций предоставляемых государством в области налогообложения прибыли;

– превышение темпа роста прибыли до налогообложения, приходящейся на один рубль совокупных активов организации, над темпом роста совокупных доходов организации, приходящихся на один рубль совокупных активов, свидетельствует об относительном снижении затрат в процессе осуществления текущей, финансовой и инвестиционной деятельности организации.

На заключительном этапе осуществляется оценка и анализ влияния факторов на динамику показателей результативности деятельности организации и выявление направлений их повышения (таблица 5).

Факторный анализ показателей результативности направлен на определение возможностей ее роста и разработку вариантов соответствующих управленческих решений. Разработанные модели построены на основе информации, содержащейся в бухгалтерской и статистической

отчетности, и отражают процесс формирования показателей результативности, учитывают возможное многообразие факторов, управленческих решений, условий функционирования коммерческой организации.

Таким образом, разработанная методика оценки и анализа результативности деятельности коммерческой организации позволяет:

- дать оценку полученного результата не только от текущей, но и от всех видов деятельности, осуществляемых организацией на основе дополненной авторами системы показателей;
- дать оценку преобладающего влияния экстенсивных или интенсивных факторов на динамику исследуемых показателей, характеризующих результат деятельности организации;
- дать оценку соблюдения рекомендуемой динамической соподчиненности (как показателей, характеризующих результат и различные виды активов, потребленных и примененных ресурсов, так и показателей результативности) используя метод динамического норматива, основанного на эталонной динамике показателей;
- определить резервы роста и обоснованные варианты управленческих решений, направленных на повышение результативности деятельности организации на основе результатов фактор-

Таблица 5 – Факторные модели показателей результативности деятельности коммерческой организации

Показатели результативности	Факторная модель
Рентабельность организации	$R_{орз.} = Y_{Дт.д.} \cdot Y_{Вр.} \cdot R_{ПР} \cdot K_{Пн.о./Пр}$ где $Y_{Дт.д.}$ – доля доходов по текущей деятельности в общей совокупности доходов; $Y_{Вр.}$ – доля выручки от реализации в доходах по текущей деятельности; $R_{ПР}$ – рентабельность продаж, рассчитанная на основе прибыли от реализации продукции; $K_{Пн.о./Пр}$ – коэффициент соотношения прибыли до налогообложения и прибыли от реализации продукции
Коэффициент отдачи производственных активов	$K_{ПА(Пр)} = R_{ПР} \cdot K_{ПА} \cdot D_{ОС} \cdot \Phi o_{Вр} \cdot D_{НА} \cdot \Phi e_{ДА} \cdot K_{ПА/НА}$ где $K_{ПА}$ – коэффициент отдачи производственных активов, рассчитанный на основе выручки от реализации; $D_{ОС}$ – доля основных средств в производственных активах; $\Phi o_{Вр}$ – фондоотдача, рассчитанная на основе выручки от реализации; $D_{НА}$ – доля нематериальных активов в долгосрочных активах; $\Phi e_{ДА}$ – фондоемкость долгосрочных активов, рассчитанная на основе выручки от реализации; $K_{ПА/НА}$ – коэффициент соотношения производственных и нематериальных активов
Коэффициент устойчивости экономического роста	$K_{у.э.р.} = R_{ПР(Ч)} \cdot K_K \cdot K_{К/СК}$ где $R_{ПР(Ч)}$ – рентабельность продаж, рассчитанная на основе чистой прибыли; K_K – коэффициент отдачи капитала, рассчитанный на основе выручки от реализации продукции; $K_{К/СК}$ – коэффициент соотношения всего и собственного капиталов
Коэффициент отдачи активов	$K_{А(ДС)} = K_{СК/А} \cdot Y_{ДА} \cdot K_{ДА} \cdot D_{НА} \cdot R_{НА} \cdot \Phi e_{ДА}$ где $K_{СК/А}$ – коэффициент соотношения собственного капитала и совокупных активов; $Y_{ДА}$ – удельный вес долгосрочных активов в собственном капитале; $K_{ДА}$ – коэффициент отдачи долгосрочных активов, рассчитанный на основе добавленной стоимости; $D_{НА}$ – доля нематериальных активов в долгосрочных активах; $R_{НА}$ – рентабельность нематериальных активов, рассчитанная на основе чистой прибыли; $\Phi e_{ДА}$ – фондоемкость долгосрочных активов, рассчитанная на основе чистой прибыли
Коэффициент отдачи потребленных и примененных ресурсов	$K_{Р(ДС)} = ЗП/Р + А/Р + Пр/Р,$ где $ЗП/Р$ – заработная плата персонала, приходящаяся на рубль потребленных и примененных ресурсов; $А/Р$ – амортизационные отчисления, приходящиеся на рубль потребленных и примененных ресурсов; $Пр/Р$ – прибыль от реализации, приходящаяся на рубль потребленных и примененных ресурсов

Источник: составлено авторами.

ного анализа по приведенным моделям.

Апробация методики оценки и анализа результативности деятельности организации проводилась по данным трех организаций обрабатывающей промышленности Витебской области, относящихся к следующим видам экономической деятельности:

- организация А – Производство текстильных изделий, одежды, изделий из кожи и меха (**СВ**);
- организация Б – Производство вычисли-

тельной, электронной и оптической аппаратуры (**СИ**);

- организация В – Производство продуктов питания, напитков и табачных изделий (**СА**).

Если при оценке результатов деятельности ориентироваться только на динамику прибыли и выручки от реализации продукции (традиционно применяемых для оценки), то можно сделать вывод о их росте по текущей деятельности только в организациях А и В (таблица 6). Таким об-

Таблица 6 – Динамика показателей, отражающих результаты деятельности исследуемых организаций за 2016–2017 гг.

Показатели	Организа- ция А	Организа- ция Б	Организа- ция В	Показатели	Организа- ция А	Организа- ция Б	Организа- ция В
<i>Вр</i>	Рост	Снижение	Рост	<i>Пид</i>	Снижение	Рост	Снижение
<i>ДС</i>	Рост	Рост	Рост	<i>Дфд</i>	Снижение	Снижение	Снижение
<i>Дтд</i>	Рост	Снижение	Рост	<i>Уфд</i>	Рост	Снижение	Снижение
<i>Пр</i>	Рост	Снижение	Рост	<i>Д</i>	Рост	Снижение	Рост
<i>Птд</i>	Рост	Снижение	Снижение	<i>Пно</i>	Рост	Рост	Рост
<i>Дид</i>	Снижение	Рост	Рост	<i>ЧП</i>	Рост	Рост	Рост

Источник: составлено авторами.

разом, снижение результата по текущей деятельности в исследуемом периоде было выявлено в организации Б. При этом прирост добавленной стоимости за исследуемый период был выявлен во всех организациях. В организации Б прирост добавленной стоимости (на фоне снижения прибыли от реализации продукции) связан с ростом заработной платы (на фоне снижения амортизации), так как она в структуре добавленной стоимости занимает наибольший удельный вес.

Ориентируясь на золотое правило бизнеса, согласно которому темпы роста прибыли должны превышать темпы роста выручки от реализации продукции, можно сделать вывод о том, что это правило по текущей деятельности соблюдается только в организациях А и В. Если в эту динами-

ческую зависимость включить добавленную стоимость и придерживаться правила, при котором темпы роста прибыли от реализации продукции должны превышать темпы роста добавленной стоимости, темпы роста которой, в свою очередь, должны превышать темпы роста выручки от реализации продукции, то данное условие выполняется только в организации А (при этом во всех организациях за исследуемый период выручка практически равна объему производства) (таблица 7). В анализируемом периоде финансовая деятельность в исследуемых организациях является убыточной (убыток снижается в организациях Б и В). В организации Б выявлен рост доходов и прибыли от инвестиционной деятельности (соподчиненность их динамики соответствует

Таблица 7 – Динамика соподчиненности темпов роста показателей, отражающих результаты деятельности исследуемых организаций за 2016–2017 гг. и их ранги

Золотое правило	$T_{Пр}$	$T_{ДС}$	$T_{Вр}$	$T_{Птд}$	$T_{Дтд}$	$T_{Пид}$	$T_{Дид}$	$T_{Пфд}$	$T_{Дфд}$	$T_{ЧП}$	$T_{Пно}$	$T_{Д}$
Ранги	1	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2	3
Организация А	$T_{Пр}$	$T_{ДС}$	$T_{Вр}$	$T_{Птд}$	$T_{Дтд}$	$T_{Пид}$	$T_{Дид}$	$T_{Пфд}$	$T_{Дфд}$	$T_{ЧП}$	$T_{Пно}$	$T_{Д}$
Ранги	1	2	3	1	2	2	1	–	–	1	2	3
Организация Б	$T_{Пр}$	$T_{ДС}$	$T_{Вр}$	$T_{Птд}$	$T_{Дтд}$	$T_{Пид}$	$T_{Дид}$	$T_{Пфд}$	$T_{Дфд}$	$T_{ЧП}$	$T_{Пно}$	$T_{Д}$
Ранги	3	1	2	2	1	1	2	–	–	1	2	3
Организация В	$T_{Пр}$	$T_{ДС}$	$T_{Вр}$	$T_{Птд}$	$T_{Дтд}$	$T_{Пид}$	$T_{Дид}$	$T_{Пфд}$	$T_{Дфд}$	$T_{ЧП}$	$T_{Пно}$	$T_{Д}$
Ранги	2	1	3	2	1	2	1	–	–	1	2	3

Источник: составлено авторами.

золотому правилу), в организации А – их снижение, в организации В – рост дохода по инвестиционной деятельности и снижение прибыли от инвестиционной деятельности (соподчиненность их динамики не соответствует золотому правилу) (таблицы 6, 7). Анализируя динамику результатов по всем видам деятельности, осуществляемым организациями, на основе динамики таких показателей, как чистая прибыль, прибыль до налогообложения и совокупные доходы, можно сделать вывод о том, что рост результатов наблюдался во всех организациях (при этом золотое правило бизнеса соблюдалось во всех исследуемых организациях), за исключением организации Б (снижение совокупного дохода) (таблицы 6, 7).

Выявленная динамика результатов как от текущей деятельности, так и от всех видов деятельности в исследуемых организациях связана с тем, что текущая деятельность в этих организациях занимает 90 % и более.

Рост результата деятельности организации за определенный период времени, может быть достигнут как под влиянием интенсивных, так и экстенсивных факторов. Прирост добавленной стоимости за исследуемый период был в основном обусловлен влиянием интенсивных факторов в организации Б, так как прирост добавленной стоимости осуществлен на фоне снижения величины потребленных ресурсов. Преоблада-

ющее влияние экстенсивных факторов в общем приросте добавленной стоимости было выявлено в организациях А и В в исследуемом периоде. Прирост чистой прибыли был в основном обусловлен влиянием интенсивных факторов в организациях А и В (рисунок 2).

Выявим, соблюдаются ли установленные нормативные динамические зависимости в исследуемых организациях в рассматриваемом периоде. Проведенные исследования показали, что за исследуемый период наиболее приближены к рекомендуемой динамической соподчиненности показателей, отражающих текущую деятельность только организация А ($K_c = 0,9$) (таблица 8). Превышение темпа роста прибыли от реализации над темпом роста выручки от реализации продукции выявлено в организациях А и В, что свидетельствует об относительном снижении затрат при использовании ресурсов в процессе осуществления текущей деятельности в исследуемом периоде. Превышение темпа роста добавленной стоимости над темпом роста доходов по текущей деятельности выявлено в организации А, что свидетельствует об относительном снижении материальных затрат при использовании ресурсов в процессе осуществления текущей деятельности. Превышение темпа роста прибыли от реализации над темпами роста системы как потребленных, так и примененных ресурсов вы-



Рисунок 2 – Влияние интенсивных и экстенсивных факторов на изменение чистой прибыли и добавленной стоимости исследуемых организаций за 2016–2017 гг.

Источник: составлено авторами.

Таблица 8 – Анализ соответствия фактической динамической соподчиненности показателей, характеризующих текущую деятельность исследуемых организаций, в соответствии с уровнем их результата, рекомендуемой динамической соподчиненности показателей за 2016–2017 гг.

Наименование	Динамические зависимости														Кс	
Нормативный режим	$T_{Пр}$	>	T_B	>	T_{Cp}	>	T_{CK}	>	T_{KA}	>	$T_{ДА}$	>	$T_{НА}$	>	$T_{Чпер.}$	1
Ранги	1		2		3		4		5		6		7		8	
Организация В	$T_{Пр}$	>	T_B	>	T_{Cp}	-	-	-	T_{KA}	>	$T_{ДА}$	>	$T_{НА}$	>	$T_{Чпер.}$	0,2
Ранги	3		4		5		-		6		1		2		7	
Организация А	$T_{Пр}$	>	T_B	>	T_{Cp}	<	T_{CK}	>	T_{KA}	>	$T_{ДА}$	>	$T_{НА}$	<	$T_{Чпер.}$	0,9
Ранги	1		3		4		2		5		6		8		7	
Организация Б	$T_{Пр}$	<	T_B	<	T_{Cp}	<	T_{CK}	>	T_{KA}	>	$T_{ДА}$	<	$T_{НА}$	>	$T_{Чпер.}$	-0,4
Ранги	8		6		5		2		3		4		1		7	
Нормативный режим	$T_{ДС}$		>		T_D	>	$T_{Cн}$	>	T_{KA}	>	$T_{ОCa}$		>		$T_{Чраб.}$	1
Ранги	1				2		3		4		5				6	
Организация В	$T_{ДС}$		>		T_D	>	$T_{Cн}$	>	T_{KA}	>	$T_{ОCa}$		>		$T_{Чраб.}$	0,4
Ранги	2				4		3		5		1				6	
Организация А	$T_{ДС}$		>		T_D	>	$T_{Cн}$	>	T_{KA}	>	$T_{ОCa}$		>		$T_{Чраб.}$	0,3
Ранги	2				4		5		3		1				6	
Организация Б	$T_{ДС}$		>		T_D	>	$T_{Cн}$	>	T_{KA}	>	$T_{ОCa}$		>		$T_{Чраб.}$	0,4
Ранги	1				5		4		3		2				6	

Источник: составлено авторами.

явлено в организации А, что свидетельствует о росте эффективности использования ресурсного потенциала в процессе осуществления текущей деятельности в анализируемом периоде.

Превышение темпа роста добавленной стоимости над темпами роста системы как потребленных, так и примененных ресурсов выявлено в организации Б, что свидетельствует о повышении удовлетворения интересов не только корпоративного, но и государственного характера при использовании ресурсного потенциала в процессе осуществления текущей деятельности. Превышение темпа роста выручки от реализации и дохода по текущей деятельности над темпами роста системы как потребленных, так и примененных ресурсов выявлено в организации А, что свидетельствует о повышении интенсивности их использования в процессе осуществления текущей деятельности в исследуемом периоде (таблица 8).

За анализируемый период в организации А фактические динамические зависимости (характеризующие все виды деятельности осуществляемые организациями) соответствуют нормативным ($Kc = 1$), а наиболее приближена к установленным нормативным зависимостям организация В ($Kc = 0,9$) (таблица 9). Превышение темпа роста чистой прибыли и прибыли до налогообложения над темпом роста совокупных доходов выявлено в организациях А и В, что свидетельствует об относительном снижении затрат по всем видам деятельности в исследуемом периоде. Превышение темпа роста чистой прибыли над темпами роста ресурсов выявлено в организациях А и В, что свидетельствует о росте результативности использования ресурсного потенциала организаций в анализируемом периоде. При этом превышение темпа роста совокупных доходов над темпами роста ресурсов выявлено в организациях А и Г, что свидетель-

Таблица 9 – Анализ соответствия фактической динамической соподчиненности показателей, характеризующих все виды деятельности, осуществляемые исследуемыми организациями, в соответствии с уровнем их результата, рекомендуемой динамической соподчиненности показателей за 2016–2017 гг.

Наименование	Динамические зависимости									Кс
Нормативный режим	$T_{чп}$	>	$T_{пн.о.}$	>	$T_{дсов}$	>	T_A	>	$T_{чпер.}$	1
Ранги	1		2		3		4		5	
Организация В	$T_{чп}$	>	$T_{пн.о.}$	>	$T_{дсов}$	<	T_A	>	$T_{чпер.}$	0,9
Ранги	1		2		4		3		5	
Организация А	$T_{чп}$	>	$T_{пн.о.}$	>	$T_{дсов}$	>	T_A	>	$T_{чпер.}$	1
Ранги	1		2		3		4		5	
Организация Б	$T_{чп}$	>	$T_{пн.о.}$	>	$T_{дсов}$	<	T_A	>	$T_{чпер.}$	0,7
Ранги	1		2		5		3		4	

Источник: составлено авторами.

ствует о повышении интенсивности их использования в рассматриваемом периоде (таблица 9).

Оценка результативности текущей деятельности исследуемых организаций показала наличие ее прироста в 2017 г. по сравнению с 2016 г. в организации А. Прирост результативности от инвестиционной деятельности наблюдался в организации Б. Однако в организациях А, Б, В за исследуемый период была выявлена убыточность от финансовой деятельности, но ее снижение прослеживалось в организациях Б и В. Оценка результативности всех видов деятельности, осуществляемых организациями, показала ее прирост только в организации А (таблица 10).

Проведенные исследования показали, что за анализируемый период только в организации А фактические динамические зависимости (характеризующие текущую деятельность) соответствуют нормативным ($Kс = 1$), а наиболее приближена к рекомендуемым нормативным зависимостям организация В ($Kс = 0,5$) (таблица 11). Превышение темпа роста прибыли от реализации продукции, приходящейся на один рубль потребленных и примененных ресурсов, над темпом роста добавленной стоимости, приходящейся на один рубль потребленных и примененных ресурсов, выявлено в организации А, что свидетельствует об относительном снижении затрат при использовании материальных и трудовых ресурсов в процессе осуществления

текущей деятельности. Превышение темпа роста добавленной стоимости, приходящейся на один рубль потребленных и примененных ресурсов, над темпом роста выручки от реализации продукции, приходящейся на один рубль потребленных и примененных ресурсов, наблюдается во всех исследуемых организациях, что свидетельствует об относительном снижении материальных затрат при использовании ресурсов в процессе осуществления текущей деятельности в анализируемом периоде (таблица 11).

По результатам факторного анализа коэффициента отдачи потребленных и примененных ресурсов (рассчитанного на основе добавленной стоимости) были сделаны следующие выводы. Наиболее весомое положительное влияние на прирост коэффициента отдачи потребленных и примененных ресурсов оказал рост прибыли, приходящейся на рубль потребленных и примененных ресурсов в организации А. Весомое положительное влияние на прирост коэффициента отдачи потребленных и примененных ресурсов оказал рост заработной платы, приходящейся на рубль потребленных и примененных ресурсов в организациях А и Б. В организации В наиболее весомое положительное влияние на прирост коэффициента отдачи потребленных и примененных ресурсов оказал рост амортизационных отчислений, приходящихся на рубль потребленных и примененных ресурсов. Не-

Таблица 10 – Динамика показателей результативности деятельности исследуемых организаций за 2016–2017 гг.

Показатели	Организа-ция А	Организа-ция Б	Организа-ция В	Показатели	Организа-ция А	Организа-ция Б	Организа-ция В
$K_{P(Pr)}$	Рост	Снижение	Снижение	$K_{PA(Дмд)}$	Рост	Снижение	Снижение
$K_{A(Pr)}$	Рост	Снижение	Снижение	R_{np}	Рост	Снижение	Рост
$K_{PA(Pr)}$	Рост	Снижение	Снижение	$R_{m.д}$	Рост	Снижение	Снижение
$K_{P(ДС)}$	Рост	Рост	Рост	$R_{ф.д}$	–	–	–
$K_{A(ДС)}$	Рост	Рост	Снижение	$R_{u.д}$	Снижение	Рост	Снижение
$K_{PA(ДС)}$	Рост	Рост	Снижение	$K_{y.э.р}$	Рост	Рост	–
$K_{P(Вр)}$	Рост	Снижение	Снижение	$R_{орз.}$	Рост	Рост	Рост
$K_{A(Вр)}$	Рост	Снижение	Снижение	R_{AK}	Рост	Рост	Рост
$K_{PA(Вр)}$	Рост	Снижение	Снижение	$K_{P(ЧП)}$	Рост	Рост	Рост
$K_{P(Дмд)}$	Рост	Снижение	Снижение	$K_{A(ЧП)}$	Рост	Рост	Рост
$K_{A(Дмд)}$	Рост	Снижение	Снижение				

Источник: составлено авторами.

Таблица 11 – Анализ соответствия фактической динамической соподчиненности показателей, характеризующих деятельность исследуемых организаций, в соответствии с уровнем их результативности, рекомендуемой динамической соподчиненности показателей за 2016–2017 гг.

Наименование	Динамические зависимости					Кс	Динамические зависимости					Кс
	По текущей деятельности						По всем видам деятельности					
Нормативный режим	$T_{Kp(Pr)}$	>	$T_{Kp(ДС)}$	>	$T_{Kp(Вр)}$	1	T_{Ra}	>	$T_{Ka(Пн.о.)}$	>	$T_{Ka(Д)}$	1
Ранги	1		2		3		1		2		3	
Организация В	$T_{Kp(Pr)}$	<	$T_{Kp(ДС)}$	>	$T_{Kp(Вр)}$	0,5	T_{Ra}	>	$T_{Ka(Пн.о.)}$	>	$T_{Ka(Д)}$	1
Ранги	2		1		3		1		2		3	
Организация А	$T_{Kp(Pr)}$	>	$T_{Kp(ДС)}$	>	$T_{Kp(Вр)}$	1	T_{Ra}	>	$T_{Ka(Пн.о.)}$	>	$T_{Ka(Д)}$	1
Ранги	1		2		3		1		2		3	
Организация Б	$T_{Kp(Pr)}$	<	$T_{Kp(ДС)}$	>	$T_{Kp(Вр)}$	-0,5	T_{Ra}	>	$T_{Ka(Пн.о.)}$	>	$T_{Ka(Д)}$	1
Ранги	3		1		2		1		2		3	

Источник: составлено авторами.

гативное влияние на прирост коэффициента отдачи потребленных и примененных ресурсов в организации В оказало снижение заработной платы, приходящейся на рубль потребленных и примененных ресурсов, в организации Б – снижение амортизационных отчислений и прибыли, приходящихся на рубль потребленных и примененных ресурсов (рисунок 3).

Анализируя структуру добавленной стоимо-

сти, стоит отметить, что во всех организациях наибольший удельный вес занимала заработная плата с начислениями. При этом незначительную долю в структуре добавленной стоимости занимали амортизационные отчисления (1–17 %). Такая ситуация отчасти вызвана методикой расчета добавленной стоимости, так как добавленная стоимость рассчитывалась исходя из объема производства и соответствующих видов

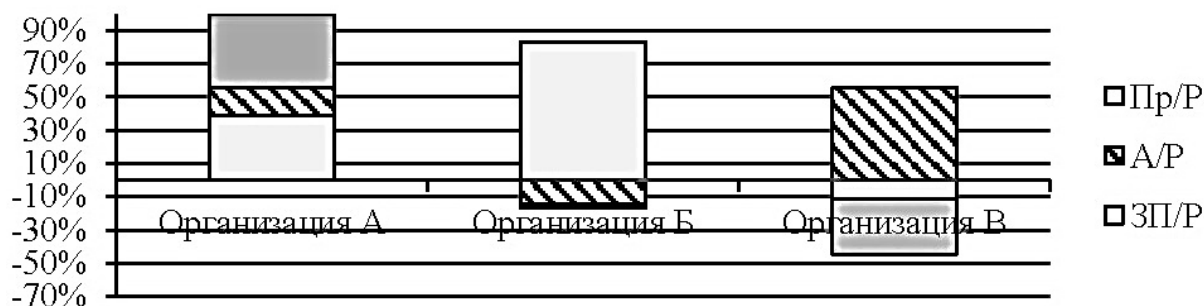


Рисунок 3 – Результаты факторного анализа коэффициента отдачи ресурсов (рассчитанного на основе добавленной стоимости) исследуемых организаций за 2016–2017 гг.

Источник: составлено авторами.

затрат на производство и реализацию продукции, а не выручки от реализации продукции и соответствующих элементов себестоимости реализованной продукции. Однако в исследуемых организациях выручка от реализации продукции незначительно превышает объем производства (на 1–5 %).

Согласно утверждению Н. Н. Бартковой и Э. Б. Сааковой [2], для достижения равновесия воспроизводственного процесса и перехода к новому технологическому укладу в рамках реализации стратегии инновационно-инвестиционного развития на уровне организации темпы роста амортизационных отчислений и темпы роста прибыли от реализации продукции должны быть примерно равны. Однако данное условие не выполнялось в анализируемом периоде ни в одной из исследуемых организаций.

ВЫВОДЫ

- за исследуемый период выявлен рост результатов как от текущей деятельности, так и от всех видов деятельности в организациях А и В, при этом прирост результата от текущей деятельности в данных организациях был достигнут за счет экстенсивных факторов, а прирост результата от всех видов деятельности – за счет интенсивных фактов;

- в исследуемых организациях были выявлены значительные проблемы в финансовой деятельности, которые привели к убыткам, и в инвестиционной деятельности, результативность которой снижается в организациях А и В, это в свою очередь приводит к замедлению прироста результативности организации в целом;

- выявленная динамика в исследуемых организациях как показателей, характеризующих результат, так и показателей, характеризующих различные виды активов, потребленных и примененных ресурсов, с одной стороны, свидетельствует о повышении результативности деятельности организации, так как все исследуемые показатели растут, но при этом по результатам оценки рекомендуемой соподчиненности данных показателей выявляется наличие проблемных мест в хозяйственной деятельности организации, в качестве которых выступают недостаточный прирост собственного капитала, который в дальнейшем может вызвать неоправданное привлечение заемных средств в организацию, недостаточный прирост активной части основных средств, который вызван в основном их переоценкой, а не обновлением, что может привести к снижению технологического уровня производства и др.;

- зафиксированная динамическая соподчиненность, приближенная к рекомендуемой, характеризует повышение результативности текущей деятельности в организации А, а также высокий уровень менеджмента и достаточно высокий уровень устойчивого развития (по всем, осуществляемым организациями видам деятельности) в организациях А и В;

- факторный анализ результативности текущей деятельности исследуемых организаций (на основе коэффициента отдачи потребленных и примененных ресурсов) выявил: необходимость активизации процесса обновления материально-технической базы в организации Б, способ-

ствующей повышению ее технологического уровня и конкурентоспособности выпускаемой продукции, что в свою очередь позволит повысить результативность текущей деятельности данной организации; во многом негативное влияние изменения заработной платы и прибыли, приходящихся на рубль потребленных и примененных ресурсов на рост результативности деятельности организации В, связано с достаточно активной модернизацией производства, которая в дальнейшем позволит изменить вектор влияния и значительно повысить результативность; в организации А необходимо придерживаться разработанной стратегии и своевременно корректировать ее с учетом факторов динамично изменяющейся внешней среды.

Таким образом, давая оценку результативности деятельности организации, необходимо использовать систему показателей, отражающую результат по каждому виду деятельности (текущей, финансовой, инвестиционной), осуществляемому организацией, и по организации в целом для получения полноценной картины.

Главным условием высокого уровня результа-

тивности деятельности организации является не простое соблюдение требований роста или снижения отдельных показателей, а соблюдение определенной динамической соподчиненности их совокупности, устанавливаемой в соответствии с разработанной стратегией и правилами игры на рынке. Для этого предлагается использовать метод динамического норматива, основанного на эталонной динамике показателей. Состав и характер показателей могут меняться в зависимости от потребностей конкретной организации, при этом главным условием является то, что показатели должны характеризовать важные стороны деятельности организации и могут быть упорядочены в динамике относительно друг друга, являясь при этом информативными и легко интерпретируемыми. Управление результативностью деятельности организации, используя метод динамического норматива, позволяет уменьшить степень риска и снизить значительную часть неопределенности в последствиях принимаемых управленческих решений, так как чем больше несовпадение с эталонным развитием, тем серьезнее проблемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акулич, В. В. (2008), Современные подходы к оценке эффективности деятельности организации, *Планово-экономический отдел*, № 11, С. 27–34.
2. Барткова, Н. Н., Саакова, Э. Б. (2010), Амортизационные отчисления как элемент себестоимости продукции (работ, услуг), *Вестник ИргТУ*, №3 (43), С. 116–120.
3. Республика Беларусь: статистический ежегодник (2018), Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск, 2018, 518 с.
4. Кальницкая, И. В. (2015), Оценка эффективности и результативности деятельности организации. *Материалы научно-технической*

REFERENCES

1. Akulich, V. V. (2008), Modern approaches to assessing the effectiveness of the organization [Sovremennye podhody k ocenke effektivnosti deyatel'nosti organizacii], *Planovojekonomicheskij otdel – Planning and economic Department*, no. 11, pp. 27–34.
2. Bartkova, N. N., Saakova, E. B. (2010), Depreciation charges as an element of the cost of products (works, services) [Amortizacionnye otchislenija kak jelement sebestoimosti produkcii (rabot, uslug)], *Vestnik Irgtu – Vestnik of IrGTU*, No. 3 (43), pp. 116–120.
3. Respublika Belarus': statisticheskij ezhegodnik (2018), Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus' [The Republic of Belarus: Statistical Yearbook], Minsk, 2018, 518 p.

- конференции, Омск: ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве РФ», С. 312–319.
5. Корицкая, О. И. (2014), Терминологические аспекты оценивания деятельности предприятий: эффект, эффективность, результативность, *Экономика и управление*, № 2 (38), С. 15–19.
 6. Шеремет, А. Д., Негашев, Е. В. (2010), *Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций*, Москва, ИНФРА-М, 208 с.
 7. Ломоносова, А. М. (2012), Проблемы оценки развития и эффективности использования ресурсного потенциала предприятия, *Материалы VIII международной научно-практической конференции «Дни науки 2012»*, Т. 15, С. 92–95.
 8. Мазурова, И. И., Белозерова, Н. П., Леонова, Т. М., Подшивалова, М. М. (2010), *Анализ эффективности деятельности предприятия*, Санкт-Петербург, Изд-во СПбГУЭФ, 113 с.
 9. Маталыцкая, С. К. (2018), Методические подходы к оценке финансовой результативности деятельности организаций, *Научные горизонты*, Минск, БГЭУ, № 1(5), С. 60–65.
 10. Постановление Министерства экономики Республики Беларусь и Министерства труда Республики Беларусь от 31 мая 2012 № 48/71 «Об утверждении методических рекомендаций по расчету добавленной стоимости и добавленной стоимости на одного среднесписочного работника (производительности труда по добавленной стоимости) на уровне организации».
 11. Прудникова, Л. В., Орлова, А. М. (2019), Методика оценки результативности функционирования коммерческой организации, *Материалы докладов 52 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, УО «ВГТУ»*, Витебск, Т. 1, С. 200–203.
 12. Прудникова, Л. В., Жиганова, Т. В., Орлова, А. М.
 4. Kalnitskaya, I. V. (2015), Evaluation of the effectiveness and efficiency of the organization's activities [Ocenka jeffektivnosti i rezul'tativnosti dejatel'nosti organizacii], *Materialy nauchno-tehnicheskoy konferencii – Materials of the scientific and technical conference*, Omsk: Financial University under the government of the Russian Federation, pp. 312–319.
 5. Koritskaya, O. I. (2014), Terminological aspects of enterprise performance evaluation: effect, efficiency, efficiency [Terminologicheskie aspekty ocenivaniya dejatel'nosti predpriyatij: jeffekt, jeffektivnost', rezul'tativnost'], *Jekonomika i upravlenie – Economics and management*, no. 2 (38), pp. 15–19.
 6. Sheremet, A. D., Negashev, E. V. (2010), *Metodika finansovogo analiza dejatel'nosti kommercheskih organizacij* [Methods of financial analysis of commercial organizations], Moscow, INFRA-M, 208 p.
 7. Lomonosova, A. M. (2012), Problems of assessing the development and efficiency of using the enterprise's resource potential [Problemy ocenki razvitija i jeffektivnosti ispol'zovanija resursnogo potenciala predpriyatija], *Materialy VIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Dni nauki 2012» – Materials of the VIII international scientific and practical conference "Days of science 2012"*, Vol. 15, pp. 92–95.
 8. Mazurova, I. I., Belozerovala, N. P., Leonova, T. M., Podshivalova, M. M. (2010), *Analiz jeffektivnosti dejatel'nosti predpriyatija* [Analysis of the company's performance], Saint Petersburg, SPbSUEF publishing House, 113 p.
 9. Matalytskaya, S. K. (2018), Methodological approaches to assessing the financial performance of organizations [Metodicheskie podhody k ocenke finansovoj rezul'tativnosti dejatel'nosti organizacij], *Nauchnye gorizonty – Scientific horizons*, Minsk, BSEU, no. 1(5), pp. 60–65.
 10. Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomen-

- (2019), Оценка результативности деятельности организаций обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, *III Международная научно-практическая online-конференция, Устойчивое развитие экономики: международные и национальные аспекты*, Новополоцк, С. 165–170.
13. Прудникова, Л. В., Орлова, А. М. (2018), Эффективность и результативность в методиках комплексной оценки эффективности деятельности организации, *Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов*, УО «ВГТУ», Витебск, Т. 1, С. 222–225.
 14. Сидоренко, И. В. (2010), *Влияние деловой активности на результативность деятельности промышленных предприятий*: Автореф. дисс. канд. экон. наук, ГОУ ВПО «Всероссийский заочный финансово-экономический институт», Москва, 24 с.
 15. Dictionary, (2018), Encyclopedia and Thesaurus – The Free Dictionary. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <https://encyclopedia.thefreedictionary.com>. (дата доступа : 10.10.2018).
 16. English Dictionary (2018), Thesaurus, & grammar help. [Электронный ресурс], режим доступа: <https://en.oxforddictionaries.com>. (дата доступа : 14.10.2018).
 17. Gibson, James L. (2014), *Organizations: behavior, structure, process*, 7 th. Ed, 561 p.
 - datsiyakh po raschetu dobavlennoy stoimosti i dobavlennoy stoimosti na odnogo srednespisochnogo rabotnika (proizvoditel'nosti truda po dobavlennoy stoimosti) na urovne organizatsii [On approval of methodological recommendations on the calculation of value added and value added per average average employee (labor productivity value added) at the organization level]: Decree of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus and the Ministry of Labor of the Republic of Belarus of May 31, 2012 № 48/71.
 11. Prudnikova, L. V., Orlov, A. M. (2019), The Technique of an estimation of productivity of functioning of a commercial organization [Metodika ocenki rezul'tativnosti funkcionirovaniya kommercheskoj organizacii], *Materialy dokladov 52 Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii prepodavatelej i studentov – Proceedings of 52 international scientific-technical conference of teachers and students*, UO "VSTU", Vitebsk, vol. 1, pp. 200–203.
 12. Prudnikova, L. V., Zhiganova, T. V., Orlova, A. M. (2019), Evaluation of the performance of organizations in the manufacturing industry of the Republic of Belarus [Ocenka rezul'tativnosti dejatel'nosti organizacij obrabatyvajushhej promyshlennosti Respubliki Belarus'], *III Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja online-konferencija, Ustojchivoje razvitie jekonomiki: mezhdunarodnye i nacional'nye aspekty – III International scientific and practical online conference, Sustainable economic development: international and national aspects*, Novopolotsk, pp. 165–170.
 13. Prudnikova, L. V., Orlova, A. M. (2018), Efficiency and effectiveness in the methods of integrated assessment of the organization's performance [Jeffektivnost' i rezul'tativnost' v metodikah kompleksnoj ocenki jeffektivnosti dejatel'nosti organizacii], *Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija prepodavatelej i studentov – International scientific and technical conference of teachers and students*, UO "VSTU", Vitebsk, Vol. 1,

pp. 222–225.

14. Sidorenko, I. V. (2010), *Vlijanie delovoj aktivnosti na rezul'tativnost' dejatel'nosti promyshlennyh predpriyatij: Avtoref. diss. kand. jekon. nauk* [The Impact of business activity on the performance of industrial enterprises: autoref. Diss. Cand. Econ. Sciences], all-Russian correspondence financial and economic Institute, Moscow, 24 p.
15. Dictionary, (2018), Encyclopedia and Thesaurus – The Free Dictionary. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://encyclopedia.thefreedictionary.com>. (дата доступа: 10.10.2018).
16. English Dictionary (2018), Thesaurus, & grammar help. [Электронный ресурс], режим доступа: <https://en.oxforddictionaries.com>. (дата доступа : 14.10.2018).
17. Gibson, James L. (2014), *Organizations : behavior, structure, process*, 7 th. Ed, 561 p.

Статья поступила в редакцию 07. 05. 2020 г.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗВИТИЮ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF BUSINESS PROCESSES OF LOGISTICS CENTERS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF EXISTING APPROACHES AND DEVELOPMENT RECOMMENDATIONS

УДК 65.015.3

Ю.Л. Трухан*

Белорусский государственный экономический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13822>**Yu. Trukhan***

Belarus State Economic University

РЕФЕРАТ

ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР, БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ, BALANCED SCORECARD, ГРУЗОПЕРЕРАБОТКА

Актуальность исследования предопределяется необходимостью формирования стратегии развития логистических центров Республики Беларусь на базе анализа бизнес-процессов и влияния их результативности на эффективность функционирования логистических центров в целом. В настоящее время проблема, связанная с формированием показателей оценки эффективности бизнес-процессов, является предметом пристального изучения отечественных и зарубежных экономистов. Усиление конкуренции (появление новых организаций на рынке логистических услуг) и повышение требований к качеству оказываемых услуг становится причиной возникновения необходимости для пересмотра методов оценки эффективности бизнес-процессов логистических центров. Формирование эффективных систем управления логистическими центрами является сложной задачей, что вызвано значительным отставанием уровня развития организаций, осуществляющих логистическую деятельность в Республике Беларусь, и применения на практике инновационных технологий управления. Целью исследования является анализ существующих подходов к оценке эффективности бизнес-процессов и возможности их применения для оценки эффективности бизнес-процессов логистических центров. Научная

ABSTRACT

LOGISTICS CENTER, BUSINESS PROCESSES, EFFICIENCY, EVALUATION METHODS, BALANCED SCORECARD, CARGO PROCESSING

The relevance of the study is determined by the need to form a development strategy for the logistics centers of the Republic of Belarus based on the analysis of business processes and the impact of their effectiveness on the efficiency of the logistics centers as a whole. Currently, the problem associated with the formation of indicators for assessing the effectiveness of business processes is the subject of close study of domestic and foreign economists. Increased competition (the emergence of new organizations in the logistics services market) and increased requirements for the quality of services provided become the reason for the need to review methods for assessing the effectiveness of business processes of logistics centers. The formation of effective management systems for logistics centers is a difficult task, which is caused by a significant lag in the level of development of organizations engaged in logistics activities in the Republic of Belarus, and the application of innovative management technologies in practice. The aim of the study is to analyze existing approaches to evaluating the effectiveness of business processes and the possibility of their application to evaluate the effectiveness of business processes of logistics centers. The scientific novelty of the study: on the basis of existing approaches an author's methodology for evaluating the effectiveness of business processes of logistics centers has been developed.

* E-mail: juliannamik@mail.ru (Yu. Trukhan)

новизна исследования: на основе существующих подходов разработана авторская методика оценки эффективности бизнес-процессов логистических центров.

ВВЕДЕНИЕ

Бизнес-процесс в логистическом центре представляет собой последовательность технологически взаимосвязанных действий, которые, используя на входе ресурсы, на выходе создают логистическую услугу, представляющую ценность для клиентов. Заметим, что результативность всей деятельности логистического центра будет зависеть от результатов основных бизнес-процессов. Результат бизнес-процесса представляет собой степень достижения целевых значений, которые задаются экзогенно и определяются требованиями последующих процессов, находящихся в одной технологической цепочке. В свою очередь, под эффективностью понимается связь между достигнутыми результатами и использованными ресурсами или свойство процесса давать результат при заданных ограничениях на используемые ресурсы.

Оценка эффективности функционирования бизнес-процессов логистического центра позволяет выявлять проблемные места, принимать своевременные управленческие решения. Показатели функционирования бизнес-процессов могут носить самый разный характер для различных процессов и позволяют характеризовать не только результат всего процесса целиком, но и результат отдельной составляющей (функции) процесса.

Подходы к оценке эффективности бизнес-процессов организации рассмотрены в работах таких зарубежных авторов, как В.Г. Елиферов, В.В. Репин [1], Л.А. Козерод [2], С.Е. Матющенко [3], Е.З. Макеева, В.В. Махарадзе [4], И.М. Билалова, Д.Б. Сулейманова [5], Р.В. Серышев [6], И.П. Забродин, Д.В. Павлов [7], В.В. Тягненко, Е.П. Карлина [8], К.К. Чупров [9], С.М. Ковалев [10], Е.Ю. Духонин, Д.В. Исаев [11], Е.В. Титова, Г.А. Сергуткина, Diana Martey [12], Д. Нортон, Р. Каплан [13], М.В. Мейер [14], Э. Нили [15] и ряда других.

В отечественной литературе проблемы оцен-

ки эффективности бизнес-процессов не нашли своего детального отражения. В исследованиях В.Г. Янчевского [16] рассматривается актуальность перехода к управлению бизнес-процессами, основные принципы процессного управления, а также организации реинжиниринга бизнес-процессов. В работе А.Л. Ивашутина [17] представлены схемы базовых и обслуживающих бизнес-процессов и их краткое описание. А.А. Быков [18] рассматривает антикризисную устойчивость бизнес-процессов. Таким образом, разработка подходов к оценке эффективности бизнес-процессов является весьма актуальной темой для отечественной науки и литературы.

Обобщая наработки различных авторов, удалось сгруппировать существующие подходы к оценке эффективности бизнес-процессов следующим образом:

1. Методики оценки эффективности бизнес-процессов на основе финансовых показателей (EVA, ABC).
2. Методики оценки эффективности на основе системы линейных (несогласованных) финансовых и нефинансовых показателей (экспресс-метод К.К. Чупрова, метод С.М. Ковалева, методика В. Репина, В. Елиферова, методика Е.В. Титовой, Г.А. Сергуткиной, Diana Martey, метод Л.А. Козерод).
3. Методики оценки эффективности на основе иерархической системы финансовых и нефинансовых показателей (Balanced Scorecard, Tableau de board, ABPA).

В таблице 1 представлена оценка возможности применения современных методик оценки эффективности бизнес-процессов (далее – БП) в логистических центрах (далее – ЛЦ).

В процессе выбора методики для анализа БП ЛЦ возникает необходимость проведения сравнительной характеристики существующих методик и выбора из них наиболее подходящей, учитывающей параметры ЛЦ, его специализацию, соответствующей ожидаемым запросам руково-

Таблица 1 – Краткая характеристика методик оценки эффективности бизнес-процессов и их применимость для ЛЦ

Наименование методики	Возможность применения для логистических центров
EVA (Economic value added) – концепция экономической добавленной стоимости	Может быть применена как индикатор качества управленческих решений, позволит определить стоимость ЛЦ, оценить работу структурных подразделений. Использование в финансовом менеджменте будет способствовать улучшению качества и точности оценки деятельности ЛЦ. Однако применение методики не приведет к сокращению затрат, не внесет улучшений в БП
ABC (activity-based costing) – процессно-ориентированный учет затрат	Ограниченность использования для ЛЦ обусловлена требованием применения процессного подхода к управлению. Сложность, длительность, трудоемкость, высокая стоимость, а также необходимость наличия высококвалифицированных работников либо привлечения консалтинговых организаций также делают нецелесообразным применение данной методики для оценки эффективности БП в ЛЦ
Tableau de bord (бортовое табло)	Отсутствие четкого описания и жесткой структуры системы показателей, нераспространенность могут стать серьезным препятствием при внедрении данной методики для анализа эффективности БП ЛЦ. С другой стороны, методика может стать средством развертывания и контроля за выполнением стратегии развития ЛЦ, поскольку позволяет объединить в одной структуре стратегические и операционные показатели, обеспечить вертикальную связь и распространение ответственности на каждом организационном уровне
Balanced Scorecard (BSC) – сбалансированная система показателей	Гибкость и универсальность, наличие подробного описания методологических подходов, четко определенной структуры открывают возможность использования методики для анализа эффективности БП в ЛЦ. Внутренним барьером при внедрении может стать отсутствие полной и достоверной информации, необходимой для принятия управленческих решений по всем направлениям деятельности ЛЦ, несовершенство БП, отсутствие автоматизации сбора показателей. ЛЦ может понести значительные временные затраты на разработку и проверку значимости показателей системы
ABPA (activity-based performance analysis) – процессно-ориентированный анализ рентабельности	Наибольшую пользу применение методики принесет ЛЦ с большим количеством клиентов, чьи предпочтения по отношению к услугам отличаются, но не находят отражения в более простых методиках оценки эффективности. Являясь мощным инструментом измерения и повышения эффективности деятельности, применение методики позволит выделить действительно рентабельные услуги. Трудности при внедрении методики в ЛЦ могут возникнуть из-за недостаточной квалификации персонала, а также слабо разработанного методологического обеспечения
Методика Л.А. Козерод	Ограниченность использования для ЛЦ обусловлена требованием применения процессного подхода к управлению
Экспресс-метод К.К. Чупрова	В неадаптированном виде сложно применить в ЛЦ
Методика В. Репина, В. Елиферова	В неадаптированном виде сложно применить в ЛЦ. Требуется дополнительных затрат для сбора данных и расчета коэффициентов
Методика Е.В. Титовой, Г.А. Сергуткиной, Diana Martey	В неадаптированном виде сложно применить в ЛЦ

Источник: [19].

дителей и стратегии развития ЛЦ.

Изучив и проанализировав преимущества и недостатки перечисленных выше методик оценки эффективности БП, были сделаны следующие выводы:

1. В ходе проведения оценки эффективности БП может возникнуть большое количество разного рода проблем. В большинстве случаев проблемы могут быть связаны с недостатком знаний или ресурсов, а также отсутствием возможности создать универсальную методику оценки эффективности БП. Для их решения в основном необходимо привлечение специалистов или дополнительных ресурсов, но это влечет за собой увеличение финансовых затрат, что также является проблемой для ЛЦ.

2. Если критерии эффективности деятельности организации слабо зависят от факторов внешней среды, а ее БП просты и не подвержены значительным изменениям, то лучшей системой оценки являются классические показатели экономической эффективности. Соответственно, для оценки эффективности БП ЛЦ классические показатели экономической эффективности не могут быть применены.

3. Методики оценки эффективности БП на основе финансовых показателей (EVA, ABC) имеют один общий существенный недостаток – учитывают только финансовые показатели, без внимания остаются такие факторы, как трудовой потенциал персонала, информационные технологии, корпоративная культура. Сложность и нераспространенность применения в организациях Беларуси требуют наличия квалифицированных сотрудников для внедрения и поддержки.

4. Методики оценки эффективности на основе системы линейных (несогласованных) финансовых и нефинансовых показателей в неадаптированном виде сложно применить в ЛЦ, что обусловлено сложностью восприятия и расчетов в рамках рассмотренных методик, затратностью с точки зрения сбора данных для расчета показателей, хаотичностью набора используемых показателей, отсутствием аргументации использования именно данного набора показателей.

5. Методики оценки эффективности на основе иерархической системы финансовых и нефинансовых показателей («tableau de bord», Balanced

Scorecard, ABPA) представляют собой логически взаимосвязанную систему показателей, которые охватывают все уровни организации. Данные методики являются весьма распространенными в зарубежной практике и более понятными для восприятия. Тем не менее наличие ряда ограничений требует детальной проработки и адаптации методик при применении в ЛЦ.

6. Поскольку деятельность ЛЦ сильно зависит от факторов внешней среды и характеризуется небольшим количеством вспомогательных бизнес-процессов, то для оценки эффективности БП могут быть использованы такие методики, как Balanced Scorecard, ABPA.

7. Представляется целесообразным разработка индивидуальной системы показателей, учитывающей особенности деятельности ЛЦ и демонстрирующей причинно-следственные связи процессов, способной дать полную картину деятельности ЛЦ.

В связи с этим построение адекватной системы оценки эффективности БП современных ЛЦ должно базироваться на ряде принципов (рисунок 1).

При формировании системы оценочных показателей эффективности БП как элемента управления логистическим центром вкладывается определенная логика объединения отдельных показателей в конкретную совокупность. Это необходимо для того, чтобы была видна роль каждого из них и не сложилась ситуация, когда какой-либо аспект остался не охваченным или, наоборот, не вписывался в рассматриваемую схему.

Система оценочных показателей эффективности БП должна включать в себя частные (аналитические) и обобщающий (интегральный) показатели. Возможность интеграции показателей позволяет давать комплексную, обобщенную характеристику изучаемого БП. В результате строится такая система, которая охватывает все ключевые стороны изучаемого БП. Показатели системы должны взаимно дополнять, а не дублировать друг друга, быть существенными и незначительно коррелирующими между собой. Данные, используемые для определения показателей, должны быть достоверными, позволяющими объективно измерять их динамику. Сформированная система показателей должна

Принципы построения системы показателей

- Принцип трендовой оценки
- Принцип учета финансовых и нефинансовых показателей
- Принцип иерархии (причинно-следственных связей)
- Принцип процессно-функциональной ориентации
- Принцип приоритетности стратегических показателей над оперативными
- Принцип функционального соответствия
- Принцип синтеза показателей внутренней и внешней среды
- Принцип информационной достаточности
- Принцип однозначной интерпретации используемых показателей
- Принцип сопоставимости используемых показателей

Рисунок 1 – Основные принципы построения системы оценки эффективности бизнес-процессов

Источник: собственная разработка.

обладать максимальной степенью аналитичности, обеспечивать возможность оценки текущего состояния, перспектив развития, а также быть пригодной для принятия управленческих решений.

Таким образом, алгоритм формирования системы показателей для оценки эффективности БП ЛЦ будет включать:

1. Выбор общей концепции оценки эффективности бизнес-процессов.
2. Конкретизацию стратегических целей ЛЦ.
3. Определение стратегических целей и причинно-следственных связей между ними.
4. Отбор из всего многообразия возможных показателей оценки эффективности БП, показателей, которые будут включены в систему.
5. Определение методики и периодичности расчета показателей.
6. Определение их минимальных и целевых значений.

Представленный выше алгоритм формирования системы показателей для оценки эффективности БП ЛЦ предполагает определенные шаги его реализации. Рассмотрим их содержание и последовательность выполнения.

Шаг 1. Выбор общей концепции оценки

эффективности БП

Проведенный сравнительный анализ методик оценки эффективности БП показал, что наиболее универсальной концепцией является система сбалансированных показателей (Balanced ScoreCard), поскольку она позволяет оценить логистическую деятельность с разных сторон. По этой причине концепция Balanced ScoreCard набирает популярность в Беларуси и может быть использована как основной инструмент контроллинга логистических систем, позволяющий улучшить связь между стратегической направленностью и логистической деятельностью, а также повышающий прозрачность процессов.

Шаг 2. Конкретизация стратегических целей ЛЦ

Для построения системы стратегического управления необходимо декомпозировать (разбить, структурировать) стратегию развития ЛЦ на конкретные стратегические цели, детально отображающие различные стратегические аспекты. При интеграции индивидуальных целей могут быть установлены причинно-следственные связи между ними таким образом, чтобы полный набор целей отображал стратегию развития ЛЦ. Каждая стратегическая цель связана с одной из перспектив развития организации.

Шаг 3. Определение стратегических целей и причинно-следственных связей между ними

Для графического отображения взаимосвязи стратегических целей и перспектив применяются стратегическая карта (рисунок 2). Стратегическая карта Balanced ScoreCard представляет собой модель, демонстрирующую, как стратегия объединяет нематериальные активы и процессы создания стоимости.

Финансовая составляющая описывает материальные результаты реализации стратегии при помощи традиционных финансовых понятий. Клиентская составляющая определяет предло-

жение потребительной ценности для целевых клиентов. Составляющая внутренних процессов, или внутренняя составляющая, определяет несколько важнейших процессов, которые имеют решающее значение в реализации стратегии. Составляющая обучения и развития отражает те нематериальные активы, которые являются наиболее важными для стратегии.

Шаг 4. Отбор из всего многообразия возможных показателей оценки эффективности БП показателей, которые будут включены в систему

Все бизнес-процессы, которые осуществляют-

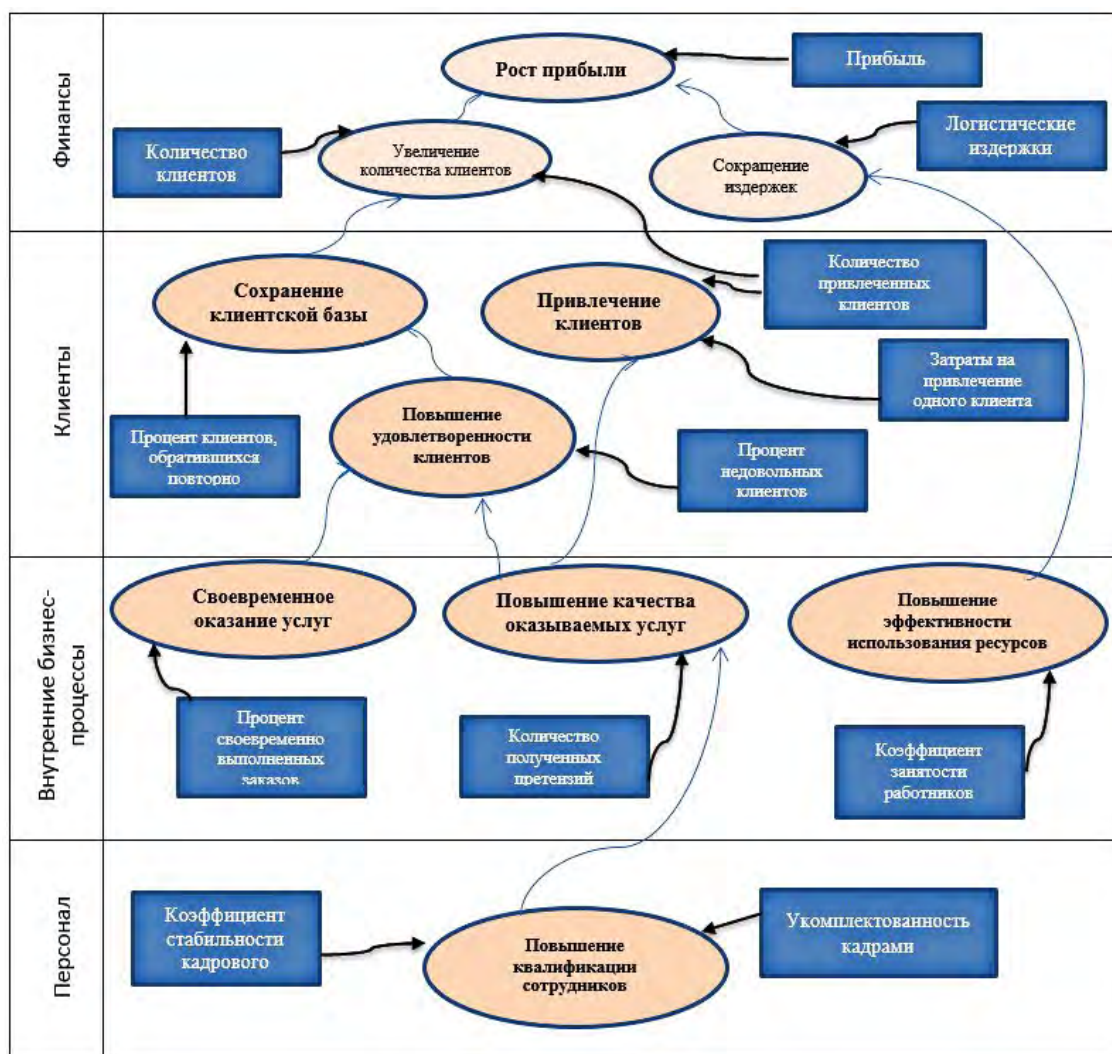


Рисунок 2 – Пример стратегической карты типового логистического центра

Источник: собственная разработка.

ся в логистических центрах, можно разделить на 4 группы – основные, обеспечивающие, бизнес-процессы управления и бизнес-процессы развития. Состав каждой группы бизнес-процессов может варьироваться в зависимости от широты оказываемых услуг тем или иным объектом. Услуги, связанные с операционной логистической деятельностью, являются основной и наиболее распространенной деятельностью логистических центров и включают транспортировку и экспедирование, складирование и грузопереработку, таможенное оформление и страхование, упаковку и переупаковку грузовых единиц. К сожалению, на сегодняшний день логистические центры Беларуси не предлагают услуги информационной и процессной логистической интеграции и координации в цепях поставок, а большинство из них оказывают услуги уровня 2-PL, специализируясь на услугах по грузопереработке и складированию. Следовательно, вне зависимости от принадлежности обслуживаемого ими потока одним из основных бизнес-процессов будет являться именно «Грузопереработка». Данный бизнес-процесс создает добавленную стоимость, оказы-

ваемые в рамках бизнес-процесса услуги представляют ценность для внешнего потребителя. Бизнес-процесс «грузопереработка» является главным источником доходов для логистических центров.

На основании разработанной стратегической карты (рисунок 2) и изученных теоретических сведений предлагается к использованию следующая система показателей оценки эффективности бизнес-процесса «Грузопереработка», представленная на рисунке 3.

Благодаря разработке стратегической карты (рисунок 2) и системы показателей (рисунок 3) может быть разработан план действий по реализации стратегии ЛЦ. Во-первых, это касается как логистических издержек, так и затрат ЛЦ в целом. Планово-экономическому отделу целесообразно пересмотреть бюджет расходов и доходов на будущий период, а также ввести контроль затрат совместно с бухгалтерией и начальниками подразделений. Во-вторых, прибыль ЛЦ напрямую связана с количеством обрабатываемых заказов, а также количеством новых и постоянных клиентов ЛЦ. Поэтому видится



Рисунок 3 – Предлагаемая система показателей для оценки эффективности БП ЛЦ

Источник: собственная разработка.

необходимым повысить коэффициент удержания клиентов, а также удовлетворенность клиентов качеством оказываемых услуг. Со стороны начальников смен должны быть обеспечены своевременность и качество обработки входных и выходных материальных потоков, в том числе за счет перераспределения работников при выполнении различных функций БП. В-третьих, на качество и своевременность оказываемых услуг оказывает влияние квалификация сотрудников. Как показывает практика на обучение и адаптацию нового работника необходимо около трех месяцев. Текучесть кадров негативно сказывается как на затратах ЛЦ, так и на качестве и своевременности оказываемых услуг. Выполнение и отслеживание значений целевых показателей предлагаемой системы оценки эффективности БП «Грузопереработка» может послужить значительным толчком для увеличения прибыли ЛЦ и выхода его на более высокий уровень среди конкурентов.

Шаг 5. Определение методики и периодичности расчета показателей

Методика расчета показателей представлена в таблице 2.

Получив систему частных коэффициентов, необходимо перейти к их обобщению в интегральный показатель. Ввиду того, что частные показатели могут иметь неодинаковую размерность, вначале следует привести их в стандартизированную форму. Поскольку все частные показатели однонаправлены, то стандартизированный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$K_i^* = \frac{K_i}{K_i^{цел}} , \quad (1)$$

где K_i^* – стандартизированный показатель; K_i – значение частного i -го показателя; $K_i^{цел}$ – целевое значение частного i -го показателя.

На основании стандартизированных частных показателей может быть рассчитано евклидово расстояние (C) по следующей формуле:

$$C = \left[\sum_{i=1}^n |1 - K_i^*|^2 \right]^{\frac{1}{2}} . \quad (2)$$

Заметим, что чем меньше C , тем выше интегральный показатель экономической эффективности **БП**. Следовательно, интегральный показатель эффективности (рейтинг эффективности) (R) рассчитывается по следующей формуле:

$$R = \frac{1}{C} . \quad (3)$$

На наш взгляд, каждый из предложенных показателей вносит разный вклад в общую эффективность бизнес-процесса. Поэтому, чтобы учесть данный факт, предлагается рассчитать вес каждого показателя на основе метода анализа иерархий (метод Саати). Таким образом, формула для расчета евклидова расстояния будет преобразована с учетом степени значимости показателя следующим образом:

$$C = \left[\sum_{i=1}^n |1 - d_i \cdot K_i^*|^2 \right]^{\frac{1}{2}} , \quad (4)$$

где d_i – степень значимости i -го показателя.

Шаг 6. Определение минимальных и целевых значений показателей

Следующим шагом является разработка шкалы возможного колебания значений показателей с учетом степени их значимости. Для этого необходимо определить минимальные и целевые значения каждого показателя на основе анализа мнений экспертов и использования результатов кабинетных исследований. Далее по формуле (1) получим значения стандартизированных показателей, по формуле (4) рассчитаем евклидово расстояние, а по формуле (3) – минимальное и целевое значения интегрального показателя эффективности. Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 3. Целевым значением интегрального показателя эффективности БП «Грузопереработка» является 0,31368.

Таким образом, по результатам исследования методических подходов к оценке эффективности БП можно сделать вывод о том, что классические показатели экономической эффективности (рентабельность, оборачиваемость, емкость) не в полной мере пригодны для анализа эффектив-

Таблица 2 – Методика расчета показателей предлагаемой системы оценки эффективности БП «Грузопереработка»

Показатель	Условные обозначения	Методика расчета
Коэффициент стабильности кадрового состава (K_1)	$N_{ув}$ – количество уволенных; $N_{срсп}$ – среднесписочная численность работников, участвующих в осуществлении бизнес-процесса	$K_1 = 1 - \frac{N_{ув}}{N_{срсп}}$
Укомплектованность кадрами (K_2)	$N_{шт}$ – численность работников по штатному расписанию	$K_2 = 1 - \frac{N_{шт} - N_{срсп}}{N_{шт}}$
Коэффициент занятости работников при обработке выходного потока (K_3)	$O_{факт}$ – фактическое количество выполненных операций по обработке выходного потока; $O_{норм}$ – нормативное количество выполненных операций по обработке выходного потока	$K_3 = \frac{O_{факт}}{O_{норм}}$
Коэффициент занятости работников при обработке входного потока (K_4)	$O_{факт}^*$ – фактическое количество выполненных операций по обработке входного потока; $O_{норм}^*$ – нормативное количество выполненных операций по обработке входного потока	$K_4 = \frac{O_{факт}^*}{O_{норм}^*}$
Качество обработки входного материального потока (K_5)	$N_{ош}^{вх}$ – количество ошибок, выявленных при обработке входного потока; $Пр$ – количество принятых поступлений	$K_5 = \frac{N_{ош}^{вх}}{Пр}$
Качество обработки выходного материального потока (K_6)	$N_{ош}^{вых}$ – количество ошибок, выявленных при обработке выходного потока; $Отгзр$ – количество отгруженных заказов	$K_6 = \frac{N_{ош}^{вых}}{Отгзр}$
Своевременность обработки входного материального потока (K_7)	$Пр^{св}$ – количество своевременно принятых поступлений	$K_7 = \frac{Пр^{св}}{Пр}$
Своевременность обработки выходного материального потока (K_8)	$Отгзр^{св}$ – количество своевременно отгруженных заказов	$K_8 = \frac{Отгзр^{св}}{Отгзр}$
Удовлетворенность клиентов качеством услуг (K_9)	$Рекл$ – количество полученных от клиентов рекламаций	$K_9 = \frac{Отгзр - Рекл}{Отгзр}$
Коэффициент удержания клиентов (K_{10})	$Кл^к$ – количество клиентов на конец периода; $Кл_{нов}$ – количество новых клиентов; $Кл^н$ – количество клиентов на начало периода	$K_{10} = \frac{Кл^к - Кл_{нов}}{Кл^н}$
Коэффициент опережения роста выручки по отношению к росту заработной платы (K_{11})	$Выр_{отч}$ – общая выручка в отчетном периоде; $Выр_{пред}$ – общая выручка в периоде, предшествующем отчетному; $\Phi OT_{отч}$ – затраты на оплату труда в отчетном периоде; $\Phi OT_{пред}$ – затраты на оплату труда в периоде, предшествующем отчетному	$K_{11} = \frac{Выр_{отч} / Выр_{пред}}{\Phi OT_{отч} / \Phi OT_{пред}}$
Рентабельность процесса (K_{12})	$P_{отч}$ – сумма расходов в отчетном периоде	$K_{12} = \frac{Выр_{отч} - P_{отч}}{P_{отч}}$

Источник: собственная разработка.

Таблица 3 – Пороговые значения интегрального показателя на основе стандартизированных для предлагаемой системы оценки эффективности БП

Стандартизированные показатели	Степень значимости показателя	Целевое значение	Минимальное значение
Коэффициент стабильности кадрового состава	0,011964	1,00	0,95
Укомплектованность кадрами	0,01122	1,00	0,01
Коэффициент занятости работников при обработке выходного потока	0,025836	1,00	0,80
Коэффициент занятости работников при обработке входного потока	0,023018	1,00	0,80
Качество обработки входного материального потока	0,039386	1,00	0,01
Качество обработки выходного материального потока	0,049623	1,00	0,01
Своевременность обработки входного материального потока	0,060444	1,00	0,01
Своевременность обработки выходного материального потока	0,069775	1,00	0,01
Удовлетворенность клиентов качеством услуг	0,104446	1,00	0,01
Коэффициент удержания клиентов	0,109245	1,00	0,01
Коэффициент опережения роста выручки по отношению к росту заработной платы	0,204159	1,00	0,01
Рентабельность процесса	0,290884	1,00	0,03
Евклидово расстояние		3,19	3,44
Интегральный показатель эффективности БП		0,31368	0,29028

Источник: собственная разработка.

ности БП, ввиду чего в современной литературе и науке можно встретить ряд методик, направленных на оценку эффективности именно БП организации. В процессе выбора методики для анализа БП ЛЦ возникает необходимость проведения сравнительной характеристики существующих методик и выбора из них наиболее подходящей, учитывающей параметры ЛЦ, его специализацию, соответствующей ожидаемым запросам руководителей и стратегии развития ЛЦ. Такой методикой, на наш взгляд, является BSC. Научная новизна заключается в том, что на основе BSC была разработана система из двенадцати частных показателей, учитывающих специфику деятельности ЛЦ, сгруппированных по четырем перспективам, получив значения ко-

торых, можно перейти к их обобщению в интегральный показатель, иллюстрирующий степень достижения поставленных целей по основному БП. В классическом варианте BSC не предполагает расчет интегрального показателя. Автором рассчитаны минимальное и целевое значения интегрального показателя, что позволит сделать однозначный вывод об эффективности БП. Дальнейший анализ частных показателей даст возможность выявить «узкие» места в организации БП в ЛЦ, а, следовательно, принять более оперативные и обоснованные решения, направленные на достижение стратегических целей ЛЦ. Рационально организованные и эффективно управляемые БП являются несомненным источником конкурентных преимуществ ЛЦ. На наш взгляд,

предлагаемая система показателей учитывает социальные критерии, такие как удобство, простота и наглядность использования. В результате применения данной системы показателей у ЛЦ

появляется возможность придать системную и целевую направленность деятельности работников, сформировать адекватную систему их мотивации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Елиферов, В. Г., Репин, В. В. (2017), *Бизнес-процессы: регламентация и управление*, Москва, 2017, 319 с.
2. Козерод, Л. А. (2009), Методика оценки экономической эффективности бизнес-процессов предприятия, *Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки*, 2009, Т. 9, выпуск 1, С. 83–90.
3. Матющенко, С. Е. (2013), Оценка эффективности бизнес-процессов сельскохозяйственной организации, *Вестник ВГУИТ*, 2013, № 3, С. 233–238.
4. Макеева, Е. З., Махарадзе, В. В. (2016), Совершенствование существующих механизмов оценки эффективности бизнес-процессов в холдинговых структурах, *Транспортное дело России*, 2016, № 3, С. 3–5.
5. Билалова, И. М., Сулейманова, Д. М. (2017), Проблемы оценки эффективности бизнес-процессов и пути их решения, *Фундаментальные исследования*, 2017, № 5, С. 131–136.
6. Серышев, Р. В. (2015), Подходы к разработке, оптимизации и оценки эффективности моделей бизнес-процессов компании, *Управление*, 2015, № 2 (8), С. 56–64.
7. Забродин, И. П., Павлов, Д. В. (2011), Обоснование показателей оценки эффективности бизнес-процессов коммерческих организаций, *Экономический анализ: теория и практика*, 2011, № 38 (245), С. 50–58.
8. Тягненко, В. В., Карлина, Е. П. (2010), Методи-

REFERENCES

1. Elifero, V. G., Repin, V. V. (2017) *Biznes-processy: reglamentacija i upravlenie* [Business processes: regulation and management], Moscow: INFRA-M, 2017, 319 p.
2. Kozero, L. A. (2009), Methodology for assessing the economic efficiency of enterprise business processes [Metodika ocenki jekonomicheskoy jeffektivnosti biznes-processov predpriyatija], *Vestnik NGU. Serija: Social'no-jekonomicheskie nauki – Bulletin of NSU. Series: Social and Economic Sciences*, 2009, T. 9, vypusk 1, pp. 83–90.
3. Matjushhenko, S. E. (2013), Assessment of the effectiveness of the business processes of an agricultural organization [Ocenka jeffektivnosti biznes-processov sel'skohozjajstvennoj organizacii], *Vestnik VGUIT – Vestnik of VGUIT*, 2013, № 3, pp. 233–238.
4. Makeeva, E. Z., Maharadze, V. V. (2016), Improving existing mechanisms for evaluating the effectiveness of business processes in holding structures [Sovershenstvovanie sushhestvujushhih mehanizmov ocenki jeffektivnosti biznes-processov v holdingovyh strukturah], *Transportnoe delo Rossii – Transport business in Russia*, 2016, №3, pp. 3–5.
5. Bilalova, I. M., Sulejmanova, D. M. (2017), Problems of evaluating the effectiveness of business processes and ways to solve them [Problemy ocenki jeffektivnosti biznes-processov i puti ih reshenija], *Fundamental'nye issledovanij – Basic research*, 2017, № 5, pp. 131–136.
6. Seryshev, R. V. (2015), Approaches to the development, optimization and evaluation of the effectiveness of the company's business process

- ка оценки эффективности бизнес-процесса «Управление капитальным ремонтом основных фондов», *Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Экономика*, 2010, № 1, С. 103–107.
9. Чупров, К. К. (2019), Экспресс-метод диагностики бизнес-процессов компании. Режим доступа: <https://www.cfin.ru/management/controlling/fsa/express.shtml>.
 10. Ковалев, С. М., Ковалев, В. М. (2004), Современные методологии описания бизнес-процессов – просто о сложном. Режим доступа: <http://www.betec.ru/index.php?id=06&sid=27>.
 11. Духонин, Е. Ю., Исаев, Д. В., Мостовой, Е. Л. (2005), *Управление эффективностью бизнеса. Концепция Business Performance Management*, Москва: Альпина Бизнес Букс, 2005, 283 с.
 12. Титова, Е. В., Сергуткина, Г. А., Martey Diana (2019), Методика оценки эффективности бизнес-процессов в агропромышленном комплексе. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-effektivnosti-biznes-protsessov-v-agropromyshlennom-komplekse>.
 13. Каплан, Р., Нортон, Д. (2020), *Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию*, Москва: Олимп-Бизнес, 2020, 320 с.
 14. Мейер, М. В. (2004), *Оценка эффективности бизнеса. Что будет после Balanced Scorecard?* Москва: Вершина, 2004, 272 с.
 15. Нили, Э., Адамс, К., Кеннерли, М. (2003), *Призма эффективности: Карта сбалансированных показателей для измерения успеха в бизнесе и управлении*, Москва: Баланс-Клуб, 2003, 400 с.
 16. Янчевский, В. Г. (2011), *Системное управление бизнесом*, Минск: Тесей, 2011, 218 с.
 17. Ивашутин, А. Л. (2010), *Альбом бизнес-процессов*, Минск: БНТУ, 2010, 74 с.
 - models [Podhody k razrabotke, optimizacii i ocenki jeffektivnosti modelej biznes-processov kompanij], *Upravlenie – Management*, 2015, № 2 (8), pp. 56–64.
 7. Zabrodin, I. P., Pavlov, D. V. (2011), Justification of indicators for assessing the effectiveness of business processes of commercial organizations [Obosnovanie pokazatelej ocnki jeffektivnosti biznes-processov kommercheskih organizacij], *Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika – Economic analysis: theory and practice*, 2011, № 38 (245), pp. 50–58.
 8. Tjagnenko, V. V., Karlina, E. P. (2010), Methodology for assessing the effectiveness of the business process "Management of capital repairs of fixed assets" [Metodika ocnki jeffektivnosti biznes-processa «Upravlenie kapital'nym remontom osnovnyh fondov»], *Vestn. Astrahan. gos. tehn. un-ta. Ser.: Jekonomika – Bulletin of Astrakhan. state tech. university*, 2010, № 1, pp. 103–107.
 9. Chuprov, K. K. (2019), Express method for diagnosing company business processes [Jekspress-metod diagnostiki biznes-processov kompanij], available at: <https://www.cfin.ru/management/controlling/fsa/express.shtml>.
 10. Kovalev, S. M. (2004), Modern methodologies for describing business processes – just about complicated *Sovremennye metodologii opisaniya biznes-processov – prosto o slozhnom* / S. M., Kovalev, V. M. Kovalev // *Konsul'tant direktora*, 2004, № 12, available at: <http://www.betec.ru/index.php?id=06&sid=27>.
 11. Duhonin, E. Ju., Isaev, D. V., Mostovoj, E. L. (2005), *Upravlenie jeffektivnost'ju biznesa. Konceptija Business Performance Management* [Business performance management. Business Performance Management Concept], Moscow, 2005, 283 p.
 12. Titova, E. V., Sergutkina, G. A., Martey, Diana (2019), Methodology for assessing the effectiveness of business processes in the agricultural

18. Быков, А. А. (2005), *Антикризисная стратегия предприятия: теория и методология исследования*, Минск: Белорусский государственный экономический университет, 2005, 167 с.
19. Трухан, Ю. Л. (2018), Методические подходы к оценке эффективности бизнес-процессов логистического центра, *Вестник КРАГСиУ. Серия «Теория и практика управления»*, 2018, № 21 (26), С. 90–99.
- sector [Metodika ocenki jeffektivnosti biznes-processov v agropromyshlennom komplekse], available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-jeffektivnosti-biznes-protsessov-v-agropromyshlennom-komplekse>
13. Kaplan, R., Norton, D. (2020), *Sbalansirovannaja sistema pokazatelej. Ot strategii k dejstvuju* [The Balanced Scorecard. Translating Strategy into Action], Moscow: Olimp-Biznes, 2020, 320 p.
14. Mejer, M. V. (2004), *Ocenka jeffektivnosti biznesa. Chto budet posle Balanced Scorecard?* [Rethinking Performance Measurement. Beyond the Balanced Scorecard], Moscow: Vershina, 2004, 272 p.
15. Nili, Je, Adams, K., Kennerli, M. (2003), *Prizma jeffektivnosti: Karta sbalansirovannyh pokazatelej dlja izmerenija uspeha v biznese i upravlenii* [Efficiency Prism: Balanced Scorecard for Measuring Business and Management Success], Moscow: Balans-Klub, 2003, 400 p.
16. Janchevskij, V. G. (2011), *Sistemnoe upravlenie biznesom* [Systemic business management], Minsk: Tesej, 2011, 218 p.
17. Ivashutin, A. L. (2010), *Al'bom biznes-processov* [Business Process Album], Minsk: BNTU, 2010, 74 p.
18. Bykov, A. A. (2005), *Antikrizisnaja strategija predpriyatija: teorija i metodologija issledovanija* [Anticrisis enterprise strategy: theory and research methodology], Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj jekonomicheskij universitet, 2005, 167 p.
19. Truhan, Ju. L. (2018), Methodological approaches to performance evaluation of logistics center business processes [Metodicheskie podhody k ocenke jeffektivnosti biznes-processov logisticheskogo centra], *Vestnik KRAGSiU. Serija «Teorija i praktika upravlenija» – Vestnik of KRAGSiU. Series «Theory and Practice of Management»*, 2018, № 21 (26), pp. 90–99.

Статья поступила в редакцию 05. 05. 2020 г.

НАПРАВЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ СОЦИАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКУЮ ЛОЯЛЬНОСТЬ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ОПЫТ ЛИВАНА

THE DIRECTIONS OF THE IMPACT OF CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY ON CONSUMER LOYALTY: THEORETICAL APPROACHES AND EXPERIENCE OF LEBANON

УДК 339.13(569.3)

Н.Х. Харфуш^{1,2}, Е.В. Ванкевич^{3*}

¹ Белорусский государственный экономический университет

² Университет искусств, наук и технологий в Ливане

³ Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13823>

N.H. Harfoush^{1,2}, A. Vankevich^{3*}

¹ Belarus State Economic University

² Public Relations Officer: Arts, Sciences, and Technology University in Lebanon

³ Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

КОРПОРАТИВНАЯ СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, ЛОЯЛЬНОСТЬ КЛИЕНТА, РЕСПУБЛИКА ЛИВАН

Предметом исследования является изучение теоретических подходов и прикладных оценок влияния КСО на потребительскую лояльность. В статье проанализированы современные теоретические концепции, объясняющие направления влияния КСО на восприятие потребителей, определены следующие преимущества, которые формирует КСО для субъектов хозяйствования: привлечение новых потребителей, улучшение покупательского восприятия организации, укрепление конкурентных преимуществ на рынке и расширение возможностей для привлечения капитала, улучшение социально-психологического самочувствия работников. В статье отражены результаты эмпирического исследования практики КСО в Ливане, подтверждающие положительное восприятие КСО-программ бизнес-сообществом. Определены направления развития теории и практики КСО в Ливане.

ABSTRACT

CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY, CUSTOMER LOYALTY, REPUBLIC OF LEBANON

The subject of the research is the study of theoretical approaches and applied assessments of the impact of CSR on consumer loyalty. The article analyzes modern theoretical concepts that explain the direction of the influence of CSR on the perception of consumers, identifies the following advantages that CSR creates for business entities: attracting new consumers, improving the consumer perception of the organization, strengthening competitive advantages in the market and expanding opportunities for attracting capital, improving social and psychological well-being of workers. The article reflects the results of an empirical study of CSR practices in Lebanon, confirming the positive perception of CSR programs by the business community. The directions of development of the theory and practice of CSR in Lebanon are determined.

The topic of Corporate Social Responsibility (CSR) has been extremely publicized in the past decade as such. This development of an interest in social conscience and the responsibility of different corporations towards society, the environment and

the main stakeholders in its circle have been attributed to the increased vocalization of different stakeholders' voices. As the world becomes more connected and people have the ability to utilize platforms in which their influence, voices and

* E-mail: vankevich_ev@tut.by (A. Vankevich)

demands are presented, corporations become more put under scrutiny and are expected to behave in the way demanded by the people (clients, shareholders, suppliers, etc.) that they aim to satisfy and maintain positive, constructive relations with [8]. The purpose of the study is to determine the theoretical and practical aspects of the impact of CSR on consumer loyalty (for example, Lebanon). Achieving this goal led to the solution of the following tasks: 1. Systematization of theoretical approaches to determining the main areas of influence of CSR on consumer loyalty. 2. The study of the main stakeholders' perception of the results of CSR practices in Lebanon.

CSR Benefits for Customer's Perception and Customer's Loyalty

The investigation of CSR-theories and practices has shown an inclination from firms' attributing some form of marketing or incentivizing intention to their CSR efforts. CSR efforts are not completely altruistic and genuinely given, they are usually intended to benefit the company. A lot of literature has shown a vast amount of benefits to companies through their adoption and implementation of CSR activities. For example, J Galbreath after researching the SCR-practice of Australian firms made the next conclusion: "socially responsive activities appear to be a means to reduce employee turnover. Second, by meeting justice needs of customers, CSR is likely to increase customer satisfaction. Lastly, CSR activities provide visible signals from which stakeholders infer various positive characteristics of firms, thus creating an avenue to increase overall firm reputation" [8].

The list of advantages that CSR brings about to the firm and its processes is rather long. In a research Doorn et. al [6] that spanned 1375 customers about 93 different brands within 18 individual industries, learned that CSR efforts have the capacity to change customer attitudes and retain them for 2 additional years. In their study, Doorn created an interesting analysis that related the brand characteristics with its CSR efforts. They reported that customer attitudes were more positively inclined when the CSR efforts were aligned with the CSR activities conducted by the company. Additionally, the research found that customers rewarded innovation in the approach to CSR more than large-budget advertising campaigns

that publicize the efforts done. For example, Toms is perceived as an essentially positive brand that spreads care due to its donation of one pair of shoes to African children with every pair of Toms bought. This CSR goal is in line with Toms' mission statement which is to give footwear to everyone around the world. Additionally, it ties in with Toms' positive, happy-go-lucky shop atmosphere and packaging [6].

Thus, customer perception is integral to fluent business and strong retention. Companies should keep in mind that in a 2019 study, it was reported that on average, 92 % of consumers position companies that support social issues and environmental efforts in a high state of their perception. [1]. They should also take to their advantage and to society's advantage the idea that some of their biggest target markets (for example, the generation of millennials and Generation Z) are more than willing to take part of these initiatives and to support the social/environmental change that they are working towards. This, in retrospect, puts in mind an increasingly interesting new model for CSR, whereby companies and society can work in tandem and where companies are no longer the funding party of CSR efforts, but considered as social staples that take active participation and have an openend communication with the society that it serves due to the back and forth loop they have with the individuals they aim to convert into consumers. It is time to stop adding value only to products and begin adding value to the society consumers care for and live in [4].

These essential stakeholders, the customers and the members of society are the voice of social conscience for companies to begin their CSR efforts and journeys. However, there are many other professional reasons and corporate-beneficial incentives and benefits that CSR promises the corporations that utilize the CSR. By Doda, these benefits include: profitability, legitimacy, ethical treatment, philanthropical reputation [5]. These benefits are translated into internal benefits, external benefits and – when the scope of the CSR efforts is vast – global benefits [5]. These benefits allow to use CSR as a competitive advantage for companies.

The list of the benefits of CSR to companies can be presented the following method:

1. Reductions in operational costs and expenses. Promoting sustainable actions includes decreasing waste, excising unnecessary practices, adopting more efficient models of doing business and more environment-friendly material, optimizing the delivery routes when it comes to their transportation vehicles, etc [3]. All these efforts have the chance to decrease cost.

2. Societal well being formation – when companies begin to invest in their employees' careers, provide workshops and customized trainings, when they show their employees that they care for them, companies stand to gain increased employee retention, more satisfied employees, more productive employees and require less employees to do the job of these newly-efficient set of workers, again cutting the cost for additional labor [13].

3. Bringing in new consumers – 92 % of people attribute a more positive perception of companies that exhibit CSR efforts. Additionally, companies with more satisfied employees, report higher levels of improved customer service which translates into happier clients that can serve as opinion leaders and spread the word about the company. Additionally, adopting some form of CSR practice enables companies to exhibit a form of their personal traits and their internal culture which allows consumers to either relate to them and thus convert to the company or to avoid it [11].

4. Dilutes governmental regulation – according to Asemah et. al [3], the trend in governmental behavior towards corporations has been based on personal interaction and external reputation. When governments recognize that a company is living up to its social requirements and that it is investing wisely in the aim of bettering society, they tend to decrease their scrutiny over corporation. In addition to this, relating to the earlier-mentioned idea of business being a relation between different stakeholders, corporations and governments can begin to coordinate projects in tandem with one another, achieving a larger scale effect to the CSR efforts put into place. This creates a lax and easier mode of operations for corporations for they stand to gain increased governmental relations that can ease the way they do business in terms of trade regulations, registration laws and relations within the central banks.

5. Better opportunities at accessing capital and smoother relations with investors – seeing as CSR efforts drive more clients to the company, improve its sustainability, increase its profitability, improve its relations with government bodies and more, investors and shareholders will be drawn towards a company that is performing that well. “An increasing number of mutual funds are now integrating CSR criteria into their selection processes to screen in sounder companies and/or screen out businesses that do not meet certain environmental or social standards. Thus, a CSR approach by a company can improve the stature of the company in the perspective of the investment community, a company's stock market valuation and its capacity to access capital from that community” [3].

6. Covering the social distance – in service industries, social distance is usually less established than within product manufacturing industries. The decrease of the social distance between stakeholders and companies is essential to the consumer perception, to the frequency of the interactions between customer and brand and to the way that a consumer speaks of the brand and supports it to other potential clients. While service industries have the opportunity to decrease the social distance on the spot at their several POSs (Points of Service), via the employees they hire to present the service, product companies struggle to give the same personalized touch and to present their characters and traits to their customers. Thus, through reflecting a high social awareness and an advocacy towards the social issues that their customer base cares for, companies can bridge that social distance and even encourage conversation between their customers, potential customers and themselves [9].

Corporations must foster these relations, must recognize the longterm impact these relations can have and most importantly, must validate these mutual conversations through feedback. This allows for more attraction and retention of the customers that follow the same line of thought and of investors, suppliers, etc. that stand for the same causes and follow the same line of thinking.

Thus, the advent of CSR is presented as a mechanism to add value to the consumer, to show that the business or firm does not merely exist

to sell its product and service. With additional competition, this added value becomes the very heart of the business model. Value is a complex and transactional advent. Consumers can attribute value in forms of money, quality, presentation, durability, sustainability, etc. Thus, when firms aim to use CSR to present an added value to their consumer segments, they need to be strategic in the way they go about it.

One of the earliest studies on the ways through which firms can use CSR to implement added value was conducted by Burke and Logsdon in 1996. The researchers presented five main dimensions that could achieve the required standard of CSR-added value: centrality; specific segments of customers; proactive-engagement employees and clients and other stakeholders to take part in the improving their society; volunteerism; visibility of the CSR-efforts. Many authors confirm that opinion [1; 2; 5]. But these indicators cannot be calculated, and this obstacle make a barrier for their use.

Essentially, one of the regulations that spans all five dimensions is the ability for the company to align all five with its central mission, its internal culture and its overall strategy.

The CSR-investigations in Lebanon

There were certain studies conducted by Lebanese academics that were capable of evaluating the situation within the country and understanding what sort of benefits CSR can add to the country, its corporate world and its consumer perception. In an interesting study that followed consumer perception and purchasing power, Hejase et. al [10] distributed a survey questionnaire to 200 Lebanese consumers. The study aimed to understand which CSR tools had the most influence on the consumer's perception and how it would influence their decision-making process whilst selecting companies to work with and purchase from. The main results are:

1) 74.3 % of respondents had some form of awareness regarding the importance of CSR in the corporate sector;

2) 74.3 % of respondents agreed that CSR has the potential to be beneficial to the society they live in, to the corporations' profitability and to particular individual consumers;

3) 83.5 % of the participants agreed that their decisions in buying certain products is influenced

by the degree of CSR engagement the company exhibits;

4) 60.3 % of the participants agreed that a good reputation due to CSR would at least motivate them to do an unplanned purchase from the company for the sake of support, not just out of basic demand;

5) 46.2 % of the participants agreed to increase the quantity of what they purchase from a CSR-affiliated company;

6) 76 % of the sample reported that they would convert to using a certain brand or switch to a substitute product if the company behind it supported a CSR related campaign or purpose;

7) 75.2 % of the sample also agreed that CSR efforts by a company would change their feelings towards the company's product, employees and overall presence;

8) 75.2 % agreed that CSR efforts would increase their loyalty to a certain brand, product or company.

The above results reflect a greatly positive tendency for Lebanese consumers to react in a productive and profitable way towards companies that implement CSR efforts and aim to promote the well being of society. The interesting factor from these results relates to the consumer's purchasing power and its potential in reviving the Lebanese economy when tied with the implementation of CSR in an internal fashion.

Another dimension that can truly embed the sought after effects of CSR in Lebanon is the investment and progress in Lebanese companies. This goes to focus on Lebanese start-ups, national companies and companies led by Lebanese individuals with Lebanese employees. The focus here is not on multinationals that could use CSR to improve their penetration strategy in the country to increase their market share through manipulating the public's perception of their function. Even if multinationals aim to improve the well being of society, their CSR efforts are more advised to be directed or in-partnership with Lebanese corporations.

This is advisable due to the nature of nationalistic belonging and the Lebanese culture that is shared amongst all Lebanese citizens. Across this dissertation, the concept of implementing genuine CSR efforts (ones that do

not appear to be too much of a generic marketing plan) was mentioned. And by bringing about the progression and improvement of national corporations, multinationals and other foreign offices can reflect a true sense of commitment to the country and show that they are truly socially responsible towards this adopted country in which they are functioning and paying taxes [10].

Additionally, as more Lebanese companies begin to invest in CSR, the win-win context of the whole matter will become more prevalent and showcased, which begins to set the standard for other companies to do the same. By investing in these local companies and by showing the customer base and the local population that these local companies are doing all they can for the benefit of their employees and their customers, national corporations can position themselves heavily within in the corporate sector, improve their profits, benefit from further incentives set by the investment authority in Lebanon and step-by-step, ascertain the gradual improvement of the whole Lebanese economy.

This potential analysis of the benefits that CSR can present to the corporate world, the individual and the entire economy is built on certain ideals but most importantly, it is built on the effect of consumer attitude and consumer perception. At the end of the day, the market is the determinant of all economic activity in a laissez-faire state such as Lebanon. Across this study of CSR, the importance and effect of consumer attitude has become highly emphasized. Some companies use CSR for marketing purposes, proving that it has a major effect on the consumer's branding perception of them, others use it to relate themselves to a certain cause, proving that CSR is a great branding tool. Overall, CSR and its effects are directed in full in the aim of shifting consumer perception, to influence their attitude and create a new purchasing or loyal behavior towards companies.

In the Lebanese sector, which is more highly reliant on services than on product manufacturing, the intangible along with the tangible elements of CSR are evaluated in the process of affecting consumer attitudes. And in a study that was capable of directly linking customer service with consumer perception, the evidence towards the importance of the abovementioned cycle of

employee-consumer is found. By Guchait et. al [9], it's recognized that, in the service industry, consumers assume that the service and its quality presented by employees is representative of the company. The relationship between company and customers is reliant on the relation between employees and customers, whereby the experience a customer has with an employee or company representative will be the main factor in determining the customer's perception and image of the company. And since, this literature has proven that consumer perception and attitude are the main drivers of CSR success and improved profitability, sustainability and economic expansion, it becomes very apparent that customer service and the satisfaction level of employees play an integral role in the effectiveness of any CSR measure.

As Guchait et. al state, "A service firm's engagement in ethical/unethical activities towards its employees might have a greater influence on customer's attitudes and behavioral intentions towards companies or its products/services." [9]. This goes to reaffirm that importance of internal CSR, of committing to the employees, of investing in their employees' skills and meeting their demands allows for a more satisfied client base due to the improvement of their employees' offered services. Additionally, CSR efforts, initiatives and stories are communicated not merely by billboards on highways and social media posts, but by the committed employees that can reflect the genuine connection and commitment that their company is exhibiting towards these efforts and towards the society within which it functions and operates.

Conclusion

In conclusion, CSR efforts happen to depend on the perception of the consumer of the respective company. External CSR is not highly effective in Lebanon without a commitment to the employees due to the importance of the interaction between employees and consumers. Lebanon is a service-based economy and the Lebanese population is a highly sociable and people-oriented society [7]. Thus, investment in employees along with an investment in the well being of the society can not only position the company well, but improve the labor force and the national economy as well [9]. Thus, companies in the country must begin

to recognize the potential benefits of genuine, strategic CSR and begin implementing it. The next section will highlight some of the several, already-found benefits that CSR has contributed to the Lebanese companies that implement it.

REFERENCES

1. Agudelo, M., Latapí, A., Jóhannsdóttir, L., Brynhildur, D. (2019), A Literature Review of the History and Evolution of Corporate Social Responsibility, *International Journal of Corporate Social Responsibility*, № 4 (1), 2019.
2. Agudo-Valiente, J., Garcés-Ayerbe, C., and Salva-dor-Figueras, M. (2017), Corporate Social Responsibility Drivers and Barriers According to Managers' Perception, Evidence from Spanish Firms, *Sustainability*, № 9 (10), 2017, pp. 1–24.
3. Asemah, E. R., Okpanachi, and L. Edegoh (2013), Business Advantages of Corporate Social Responsibility Practice: A Critical Review, *New Media and Mass Communication*, № 18, 2013, pp. 45–52.
4. Burke, Lee, and Jeanne M. Logsdon (1996), How Corporate Social Responsibility Pays Off, *Long Range Planning*, № 29 (4), 1996, pp. 495–502.
5. Doda, Dr. Sanie (2015), The Importance of Corporate Social Responsibility, *Journal of Sociological Research*, № 6 (1), 2015.
6. Doorn, Jenny Van, Marjolijn Onrust, Peter C. Verhoef, and Marnix S. Bügel (2017), The Impact of Corporate Social Responsibility on Customer Attitudes and Retention – the Moderating Role of Brand Success Indicators, *Marketing Letters*, № 28 (4), 2017, pp. 607–619.
7. El-Annan, Saher H., and Mohamad Chamas (2017), The Impacts and Implications of ISO 26000 "Guidance of Social Responsibility on the Lebanese Industries", *IOSR Journal of Business and Management*, № 19 (02), 2017, pp. 75–82.
8. Galbreath, J. How (2010), Does Corporate Social Responsibility Benefit Firms? Evidence from Australia, *European Business Review*, № 22 (4), 2010, pp. 411–431.
9. Guchait, P., Anner, M. and Wu, L. (2011), Customer Perceptions of Corporate Social Responsibility of Service Firms: Impact on Customer Attitudes and Behavioral Intentions, *The Pennsylvania State University Review*, 2011.
10. Hejase, Hussin J., Fadi Hashem, and Ali Al Dirani (2017), Corporate Social Responsibility Impact on Consumer Decision, *The Journal of Middle East and North Africa Sciences*, № 3 (2), 2017, pp. 3–20.
11. Soana, Maria-Gaia (2011), Corporate Social Responsibility And Financial Performance: Evidence From The Financial Sector. *Corporate Ownership and Control*, № 8 (2), 2011.
12. Sharapkova, A., Vankevich, A. (2015), Corporate social responsibility in organizations of the Republic of Belarus: review of practices and elaboration of methodological instruments, *The paper of the 2nd Anniversary International Conference «CSR: University Builds the Country»*, September 11–14, 2015, Prague, Czech Republic, pp. 81–90.
13. Wang, Wei, Ying Fu, Huiqing Qiu, James H. Moore, and Zhongming Wang (2017), Corporate Social Responsibility and Employee Outcomes: A Moderated Mediation Model of Organizational Identification and Moral Identity, *Frontiers in Psychology*, 2017.

Статья поступила в редакцию 28. 01. 2020 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Акиндинова Татьяна Леонидовна	– аспирант кафедры «Дизайн, технологии, материаловедение и экспертиза потребительских товаров», Костромской государственной университет
Балашов Павел Евгеньевич	– старший разработчик, ООО «ИКом Чардж»
Береснев Виталий Игоревич	– дессинатор, ОАО «Світанак»
Богдан Павел Сергеевич	– кандидат технических наук, ассистент кафедры «Конструирование и производство приборов», Белорусский национальный технический университет
Борозна Вилия Дмитриевна	– кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Буланчиков Игорь Анатольевич	– старший преподаватель кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Буркин Александр Николаевич	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Быковский Денис Иванович	– аспирант кафедры «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Ванкевич Елена Васильевна	– доктор экономических наук, профессор, проректор по научной работе, Витебский государственный технологический университет
Гольдаде Виктор Антонович	– доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отдела № 1 «Композиционные материалы и рециклинг полимеров», Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси
Гончаров Вадим Александрович	– инженер, ОАО «Алеся»
Гречаников Александр Викторович	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет

Дойлин Юрий Владимирович	– генеральный директор, ОАО «Витебскдрев»
Дрюков Василий Васильевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Жиганова Татьяна Викторовна	– старший преподаватель кафедры «Экономика», Витебский государственный технологический университет
Замышляева Вероника Владимировна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия», Костромской государственной университет
Зотов Сергей Валентинович	– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела № 1 «Композиционные материалы и рециклинг полимеров», Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси
Ивашко Екатерина Игоревна	– магистрант кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви», инженер Центра испытаний и сертификации, Витебский государственный технологический университет
Казарновская Галина Васильевна	– кандидат технических наук, профессор кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет
Калиновская Ирина Николаевна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономическая теория и маркетинг», Витебский государственный технологический университет
Квасникова Вера Владимировна	– кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и коммерческая деятельность», Витебский государственный технологический университет
Киселев Михаил Григорьевич	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование и производство приборов», Белорусский национальный технический университет
Ковчур Андрей Сергеевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Козлова Мария Александровна	– студент, Витебский государственный технологический университет

Козловская Людмила Геннадьевна	– старший преподаватель кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Косоян Елена Шаликовна	– студент, Витебский государственный технологический университет
Котов Алексей Анатольевич	– ассистент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Крушевич Кирилл Андреевич	– студент, Витебский государственный технологический университет
Кузьменков Сергей Михайлович	– ассистент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Кучеренко Светлана Юрьевна	– кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика», декан финансово-гуманитарного факультета, Переяслав-Хмельницкий государственный педагогический университет им. Григория Сковороды
Лапшин Валерий Васильевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и микропроцессорная техника», Костромской государственный университет
Манак Павел Иванович	– директор, ОАО «Обольский керамический завод»
Милеева Екатерина Сергеевна	– магистр технических наук, аспирант кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет
Миронова Юлия Владимировна	– юрист, Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии
Мовсесян Владимир Юрьевич	– начальник котельной, котельная «Южная» ОАО «Витязь»
Монич Сергей Геннадьевич	– кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Конструирование и производство приборов», Белорусский национальный технический университет

Нижников Александр Васильевич	– директор, ООО «Природоохранный инжиниринг»
Окунев Роман Владимирович	– старший преподаватель кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Ольшанский Анатолий Иосифович	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Панкевич Дарья Константиновна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви», Витебский государственный технологический университет
Пархимович Юлиана Николаевна	– магистр искусствоведения, аспирант кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет
Прудникова Людмила Викторовна	– старший преподаватель кафедры «Экономика», Витебский государственный технологический университет
Радюк Анастасия Николаевна	– магистр экономических наук, ассистент кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Резник Вячеслав Владимирович	– кандидат педагогических наук, доцент кафедры профессионального образования, заместитель декана финансово-гуманитарного факультета по научной работе, Переяслав-Хмельницкий государственный педагогический университет им. Григория Сковороды
Рыклин Дмитрий Борисович	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Савенок Владимир Евгеньевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет
Скобова Наталья Викторовна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет
Смирнова Надежда Анатольевна	– доктор технических наук, профессор кафедры «Дизайн, технологии, материаловедение и экспертиза потребительских товаров», Костромской государственный университет

Тан Сяотун	– аспирант кафедры «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Тимонов Иван Афанасьевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет
Трухан Юлия Леонардовна	– магистр экономических наук, ассистент кафедры «Логистика и ценовая политика», Белорусский государственный экономический университет
Харфуш Несрин Хафез	– магистр делового администрирования, Университет искусств, наук и технологий в Ливане; аспирант, Белорусский государственный экономический университет
Цобанова Надежда Владимировна	– магистр технических наук, ассистент кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Чарковский Александр Владимирович	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Янкина Янина Васильевна	– студент, Белорусский национальный технический университет
Ясинская Наталья Николаевна	– кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Akindinova Tatyana	– Postgraduate Student at the Department “Design, Technology, Materials Sciences and Expertise of Consumer Goods”, Kostroma State University
Alshanski Anatoli	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University
Balashov Pavel	– Senior developer, IKom Charge
Beresnev Vitalij	– Cloth Designer, JSC “Svitanak”
Bohdan Pavel	– Candidate of Sciences (in Engineering), Assistant Lecturer of the Department “Device Design and Manufacture”, Belarusian National Technical University
Borozna Vilia	– Candidate of Sciences (in Engineering), Senior Lecturer at the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Bulanchikov Igor	– Senior Lecturer at the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Burkin Alexander	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Bykouski Dzianis	– Postgraduate Student at the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Charkovskij Aleksandr	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Doylin Yuri	– General Director, JSC «Vitebskdrev»
Dryukov Vasilij	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University

Goldade Victor	– Doctor of Science (in Engineering), Leading Researcher, Institute of Mechanics of Metal-Polymer Systems named after V.A. Bely
Goncharov Vadim	– Engineer, JSC “Alesja”
Nesrine Hafez Harfoush	– Master’s in Business, Arts, Sciences, and Technology University in Lebanon; Postgraduate Student, Belarus State Economic University
Hrachanikau Aliaksandr	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Ivashko Katsiaryna	– Undergraduate of the Department “Design and Technology of Clothing and Footwear”, Engineer Center for Testing and Certification, Vitebsk State Technological University
Jankina Janina	– Student, Belarusian National Technical University
Kalinouskaya Iryna	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Economic Theory and Marketing”, Vitebsk State Technological University
Kauchur Andrei	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University
Kazarnovskaya Galina	– Candidate of Sciences (in Engineering), Professor of the Department “Artistic Design and Fashion”, Vitebsk State Technological University
Kiselyov Mikhail	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department “Device Design and Manufacture”, Belarusian National Technical University
Kosoyan Alena	– Student, Vitebsk State Technological University
Kotow Alexej	– Assistant at the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University
Kozlova Maria	– Student, Vitebsk State Technological University
Kozlovskaya Lyudmila	– Senior Lecturer at the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University

Krushevich Kiryl	– Student, Vitebsk State Technological University
Kucherenko Svitlana	– Candidate of Sciences (in Economics), Associate Professor at the Department “Economy”, Dean of the Faculty of Finance and Humanities, Pereiaslav-Khmelnytskyi Hryhorii Skovoroda State Pedagogical University
Kuzmenkov Sergey	– Assistant at the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University
Kvasnikova Vera	– Candidate of Sciences (in Economics), Associate Professor at the Department “Finance and Commerce”, Vitebsk State Technological University
Lapshin Valery	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Automatics and Microprocessor Techniques”, Kostroma State University
Manak Pavel	– Director, JSC “Obolsky Ceramic Plant”
Mausesian Uladzimir	– Boiler center “Yuzhnaya” of JSC “Vityaz”
Mileeva Katsirina	– Master of Engineering, Postgraduate Student at the Department “Artistic Design and Fashion”, Vitebsk State Technological University
Mironova Yuliya	– Lawyer, Vitebsk Zonal Center for Hygiene and Epidemiology
Monich Sergei	– Candidate of Sciences (in Engineering), Senior Lecturer at the Department “Device Design and Manufacture”, Belarusian National Technical University
Nizhnikov Alexander	– Director, SLR “Nature protection engineering”
Okunev Roman	– Senior Lecturer at the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University”
Pankevich Darya	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Design and Technology of Clothing and Footwear”, Vitebsk State Technological University
Parhimovich Yuliana	– Master of Arts, Postgraduate Student at the Department “Artistic Design and Fashion”, Vitebsk State Technological University

Prudnikava Liudmila	– Senior Lecturer at the Department “Economy”, Vitebsk State Technological University
Radyuk Anastasia	– Master of Economics, Assistant at the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Riznyk Viacheslav	– Candidate of Sciences (in Pedagogy), Associate Professor of the Department of Vocational Education, Deputy Dean for Research Work of Faculty of Finance and Humanities, Pereiaslav-Khmelnytskyi Hryhorii Skovoroda State Pedagogical University
Ryklin Dzmitry	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Savenok Vladimir	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Skobova Natallia	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Smirnova Nadezhda	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Professor at the Department “Design, Technology, Materials Sciences and Expertise of Consumer Goods”, Kostroma State University
Tang Xiaotong	– Postgraduate Student at the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Trukhan Yuliya	– Master of Economics, Assistant of the Department of Logistics and Pricing Policy, Belarus State Economic University
Tsimanov Ivan	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Tsobanova Nadezhda	– Master of Engineering, Assistant at the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Vankevich Alena	– Doctor of Science (in Economics), Professor, Vice Rector for Research of Vitebsk State Technological University

Yasinskaya Natallia	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor, Chair of the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Zamyshlyeva Veronika	– Candidate of Sciences (in Engineering), Assistant Professor of Department of Chemistry, Kostroma State University
Zhyhanava Tatsiana	– Senior Lecturer at the Department “Economy”, Vitebsk State Technological University
Zotov Sergey	– Candidate of Sciences (in Engineering), Leading Researcher, Institute of Mechanics of Metal-Polymer Systems named after V.A. Bely

ПАМЯТКА АВТОРАМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА»

1. Научно-технический журнал «Вестник Витебского государственного технологического университета» выходит два раза в год. К печати допускаются статьи по трем тематическим направлениям:

- технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения;
- химическая технология и экология;
- экономика.

2. Рукописи, направляемые в журнал, должны являться оригинальным материалом, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

3. К рукописи статьи необходимо приложить следующие материалы:

- заявку с названием статьи, тематическим направлением (из п. 1), к которому она подается, списком авторов и их личными подписями. В заявке необходимо указать согласие авторов на размещение полного текста статьи на сайтах журнала «Вестник ВГТУ» (<http://vestnik.vstu.by/rus/>) и Научной электронной библиотеки (<http://elibrary.ru/>). В случае выполнения исследований в рамках финансируемых проектов или грантов необходимо указать источник финансирования;
- реферат на языке оригинала объемом не менее 10 строк (не менее 100–250 слов) – на русском или белорусском языке. Реферат оформляется по ГОСТ 7.9–95, включает ключевые слова и следующие аспекты содержания статьи: предмет, тему и цель работы, метод или методологию проведения работы, результаты работы, область применения результатов, выводы. Последовательность изложения содержания статьи может быть изменена. Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте реферата;
- авторскую аннотацию (abstract) и название статьи – на английском языке. Аннотация призвана выполнять функцию независимого источника информации, должна быть информативной, оригинальной, то есть не дублировать текст реферата, структурированной; объем аннотации должен составлять 100–250 слов;

- сопроводительное письмо от организации, где выполнялась работа, или выписку 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. Требуется также указывать транслитерированное (с использованием букв латинского алфавита) название места работы автора, которое можно получить, воспользовавшись бесплатной программой транслитерации русского языка в латиницу на сайте <http://www.translit.ru/>;

- электронный вариант всех материалов, кроме сопроводительного письма (выписки из протокола заседания кафедры) и экспертного заключения.

4. Структура принимаемых к опубликованию статей следующая: индекс УДК; название статьи; фамилии и инициалы авторов; текст статьи; список использованных источников.

5. В тексте статьи должны быть последовательно отражены: состояние проблемы до начала ее изучения авторами; цель представленной работы и задачи, которые были решены для ее достижения; методика проведенных исследований; анализ полученных результатов, их научная новизна и практическая ценность; выводы. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. В выводах должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения. При необходимости должны быть также указаны границы применимости полученных результатов.

6. Список использованных источников оформляется отдельно в конце статьи; ссылки на публикации должны быть вставлены в текст в виде номера публикации в списке, заключенного в квадратные скобки. Ссылки на неопубликованные работы (диссертации, отчеты, депонированные рукописи) не допускаются. В библиографическом описании источника указываются фамилии и инициалы всех авторов, год издания (в круглых скобках), название источника (для статей – название журнала курсивом), номера страниц. Каждый источник должен иметь автора. Если упоминается сборник под редакцией, то в качестве автора указывается первый из ре-

дакторов. Если работа выполнена коллективом организации и конкретные авторы не указаны, в качестве автора указывается организация.

Если использованный источник опубликован не на английском языке, его библиографическое описание необходимо привести на языке оригинала и дополнить переводом на английский язык и транслитерацией всей указываемой в описании информации.

Примеры перевода и транслитерации библиографического описания (оформление соответствует требованиям, описанным выше для русскоязычного описания) приведены в таблицах.

Характеристика источника	Рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard reference system)
Книга	Nenashev, M. F. (1993), <i>Poslednee pravitelstvo SSSR</i> [Last government of the USSR], Moscow, Krom Publ., 221 p. Kanevskaya, R. D. (2002), <i>Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov</i> [Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development], Izhevsk, 140 p.
Статья из журнала	Zagurenko, A. G., Korotovskikh, V. A., Kolesnikov, A. A., Timonov, A. V., Kardymon, D. V. (2008), Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing [Tekhniko-ekonomicheskaya optimizatsiya dizaina gidrorazryva plasta], <i>Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry</i> , 2008, № 11, pp. 54–57.
Статья из электронного журнала	Swaminathan, V., Lepkoswka-White, E., Rao, B. R. (1999), Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange, <i>Journal of Computer-Mediated Communication</i> , Vol. 5, № 2, available at: www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/ .
Материалы конференции	Usmanov, T. S., Gusmanov, A. A., Mullagalin, I. Z., Muhametshina, R. Ju., Svechnikov, A. V. (2007), Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing [Osobennosti proektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primenением gidrorazryva plasta], New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact, <i>Proceedings of the 6th International Technological Symposium</i> , Moscow, 2007, pp. 267–272.
Электронные источники	APA Style (2011), available at: http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx (accessed 5 February 2011). Pravila Tsicirovaniya Istochnikov [Rules for the Citing of Sources], (2011), available at: http://www.scribd.com/doc/1034528/ (accessed 7 February 2011).

Характеристика источника	Рекомендации по оформлению русскоязычного библиографического описания
Книга	Ненашев, М. Ф. (1993), <i>Последнее правительство СССР</i> , Москва, Кром, 221 с. Каневская, Р. Д. (2002), <i>Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов</i> , Ижевск, 140 с.
Статья из журнала	Загуренко, А. Г., Коротовских, В. А., Колесников, А. А., Тимонов, А. В., Кардымон, Д. В. (2008), Технично-экономическая оптимизация дизайна гидроразрыва пласта, <i>Нефтяное хозяйство</i> , 2008, № 11, С. 54–57.
Материалы конференции	Усманов, Т. С., Гусманов, А. А., Муллагалин, И. З., Мухаметшина, Р. Ю., Свечников, А. В. (2007), Особенности проектирования разработки месторождений с применением гидроразрыва пласта, Новые ресурсосберегающие технологии недропользования и повышения нефтегазоотдачи, <i>Труды 6-го Международного технологического симпозиума</i> , Москва, 2007, С. 267–272.

Также подробные рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard reference system) практически для всех видов публикаций даны на сайте <http://www.emeraldinsight.com/authors/guides/write/harvard.htm?part=2>.

7. Список использованных источников должен включать ссылки на актуальные научные публикации по теме статьи. 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.

8. Оформление статьи должно удовлетворять следующим требованиям:

- статьи подаются на русском, белорусском или английском языке;
- объем публикации должен составлять от 14 000 до 22 000 печатных знаков (4–10 страниц), набранных шрифтом Times New Roman 12, с полями по 20 мм на сторону и одинарным межстрочным интервалом;
- в файлах не должно быть макросов, колонтитулов и других сложных элементов форматирования;
- исключается автоматическая или ручная расстановка переносов;

- формулы набираются в прикладной программе Microsoft Equation 3.0, входящей в состав MS Office 2007, Times New Roman 12 полужирный курсив. Межстрочный интервал перед строкой формул составляет от 6 до 10 пт.;

- 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. Шрифт – Times New Roman чёрный от 9 до 12 пт. Заливка не используется;

- иллюстрации располагаются после первого упоминания о них в тексте. Каждая иллюстрация должна иметь подписную надпись (Times New Roman, 11 пт). Графики и диаграммы представляются как рисунки, выполняются в графическом редакторе, совместимым с MS Word. Для названия осей координат и указания их размерности применяют шрифт Times New Roman от 9 до 11 пт. Фотографии должны иметь контрастное черно-белое изображение. В электронном виде фотографии представляются в стандартах растровой графики JPG, Tiff, BMP, PCX разрешением не менее 300 dpi;

- иллюстрации, графики, диаграммы, формулы и таблицы должны быть сохранены на электронном носителе каждый отдельным

файлом, файл должен называться по названию аналогичного элемента в тексте;

- 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; порядковые номера ссылок на использованные источники должны быть написаны внутри квадратных скобок;

- распечатка статьи должна полностью соответствовать приложенному файлу.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются.

9. Авторы статей несут ответственность за достоверность приводимых в статье данных и результатов исследований.

10. Редакция не взимает плату за опубликование научных статей.

11. Редакция предоставляет возможность первоочередного опубликования статей, представленных лицами, осуществляющими послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство) в год завершения обучения.

12. Поступившие в редакцию статьи после предварительной экспертизы на соответствие предъявляемым требованиям направляются на рецензию специалистам. Окончательное решение о публикации принимается на заседании редакционной коллегии с учетом результатов рецензирования.

13. Отклоненные редколлегией рукописи статей авторам не возвращаются. В случае возврата статьи автору на доработку датой представления считается день получения редакцией исправленной рукописи.

14. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения в тексте статьи, реферате и abstract, не искажающие основное содержание статьи.

15. 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@tut.by ответственному секретарю редакционной коллегии Рыклину Дмитрию Борисовичу.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ВЕСТНИК
ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

№ 1 (38)

Дизайн обложки **Григорьева Н.В.**

Вёрстка **Погорельская С.И.**

Редактор **Осипова Т.А.**

Подписано в печать 18.06.2020. Печать ризографическая. Гарнитура PT Sans. Усл. печ. листов 33,1.
Уч.-изд. листов 28,2. Формат 60х90 $\frac{1}{8}$. Тираж 100 экз. Заказ № 70.

Свёрстано и подготовлено к печати редакционно-издательским отделом 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 – учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»
Отпечатано на ризографе УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»
210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 33.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/255 от 31 марта 2014 г.

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь № 2554 от 31 мая 2005 г.