

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

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 (39)

ВИТЕБСК 2020

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

VESTNIK

OF VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

№ 2 (39)

VITEBSK 2020

УДК 67/68

ББК 37.2

В 38

Редакционная коллегия:

Главный редактор – профессор Кузнецов А.А.

Зам. главного редактора – профессор Ванкевич Е.В.

Ответственный секретарь – профессор Рыклин Д.Б.

Вестник Витебского государственного
технологического университета. № 2 (39).
УО «ВГТУ»

Члены редакционной коллегии

Технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения

- редактор – проф., член-кор. НАН Беларуси Рубаник В.В. (ИТА НАН Беларуси)
- зам. редактора – проф. Буркин А.Н. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- доц. Абрамович Н.А. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- проф. Башметов В.С. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- внс Беляев С.П. (СПбГУ, Российская Федерация)
- проф. Вертешев С.М. (ПсковГУ, Российская Федерация)
- проф. Горбачик В.Е. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- к.т.н. Гусаров А.М. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- доц. Джежора А.А. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- доц. Казарновская Г.В. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- проф. Киосев Й. (Высшая школа Нидеррейна, Германия)
- проф. Кирсанова Е.А. (Открытый институт РГУ им. А.Н. Косыгина, Российская Федерация)
- проф. Коган А.Г. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- проф. Корниенко А.А. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- проф. Милашиус Р. (Каунасский технологический университет, Литва)
- проф. Ольшанский В.И. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- проф. Пятов В.В. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- проф. Разумеев К.Э. (Текстильный институт РГУ им. А.Н. Косыгина, Российская Федерация)
- проф. Садовский В.В. (БГЭУ, Республика Беларусь)
- проф. Сакевич В.Н. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- нс Салак А.Н. (Университет Авейро, Португалия)
- проф. Сункуев Б.С. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- проф. Шустов Ю.С. (Текстильный институт РГУ им. А.Н. Косыгина, Российская Федерация)

Химическая технология и экология

- редактор – доц. Ясинская Н.Н. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- зам. редактора – доц. Гречаников А.В. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- член-кор. Академии инженерных наук Украины Власенко В.И. (Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина)
- нс Дутчик В. (Институт по исследованию полимеров, Германия)
- акад. НАН Беларуси Лиштван И.И.
- проф., член-кор. НАН Беларуси Пантелеенко Ф.И. (БНТУ, Республика Беларусь)
- доц. Скобова Н.В. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- доц. Стёпин С.Г. (ВГМУ, Республика Беларусь)
- доц. Щербина Л.А. (МГУП, Республика Беларусь)

Экономика

- редактор – проф. Яшева Г.А. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- зам. редактора – доц. Касаева Т.В. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- проф. Богдан Н.И. (БГЭУ, Республика Беларусь)
- проф. Быков А.А. (БГЭУ, Республика Беларусь)
- проф. Варшавская Е.Я. (НИУ «Высшая школа экономики», Российская Федерация)
- к.э.н. Зайцева О.В. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- доц. Коробова Е.Н. (ВГТУ, Республика Беларусь)
- 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)
- доц. Слонимская М.А. (ПГУ, Республика Беларусь)
- доц. Советникова О.П. (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

- *Corresponding Member of Belarus NAS, Prof. Rubanik V.V., Editor (Institute of Technical Acoustics of Belarus NAS)*
- *Prof. Burkin A.N., Deputy Editor (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Abramovich N.A. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Bashmetau V.S. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Belyaev S.P., Leading Researcher (SPbU, Russian Federation)*
- *Prof. Verteshev S.M. (PskovSU, Russian Federation)*
- *Prof. Gorbachik V.E. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Cand. Sc. (Eng) Husarau A.M. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Jezhora A.A. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Kazarnovskaya G.V. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Jordan Kyosev (Hochschule Niederrhein, Germany)*
- *Prof. Kirsanova E.A. (Russian State University named after A.N. Kosygin, Russian Federation)*
- *Prof. Kogan A.G. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Kornienko A.A. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Rimvydas Milasius (Kaunas University of Technology, Lithuania)*
- *Prof. Olshansky V.I. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Pyatov V.V. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Razumeev K.E. (Textile Institute named after A.N. Kosygin, Russian Federation)*
- *Prof. Sadovsky V.V. (BSEU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Sakevich V.N. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Salak A.N., Researcher, University of Aveiro (Portugal)*
- *Prof. Sunkuev B.S. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Shustov Yu.S. (Textile Institute named after A. N. Kosygin, Russian Federation)*

Chemical Technology and Ecology

- *Assoc. Prof. Yasinskaya N.N., Editor (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Grechanikov A.V., Deputy Editor (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Correspondent Member of the Engineering Academy of Ukraine Vlasenko V.I. (Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine)*
- *Dutschik V., Researcher (The Institute of Polymer Research, Dresden, Germany)*
- *Academician of the Belarus NAS Lishtvan I.I.*
- *Correspondent Member of the Belarus NAS, Prof. Panteleenko F.I. (BNTU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Skobova N.V. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Stepin S.G. (VSMU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Shcherbina L.A. (MSUFT, Republic of Belarus)*

Economics

- *Prof. Yasheva G.A., Editor (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Kasaeva T.V., Deputy Editor (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Bogdan N.I. (BSEU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Bykau A.A. (BSEU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Varshavskaya E.Ya. (National Research University "Higher School of Economics", Russian Federation)*
- *Cand. Sc. (Econ) Zaitseva O.V. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Korobova E.N. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Prof. Makhotaeva M.Yu. (PskovSU, Russian Federation)*
- *Prof. Menshikov V.V. (Daugavpils University, Latvia)*
- *Prof. Nekhorosheva L.N. (BSEU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Prakofyeva N.L. (VSTU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Slonimska M.A. (PSU, Republic of Belarus)*
- *Assoc. Prof. Sovetnikova O.P. (VSTU, Republic of Belarus)*

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

Башметов В.С.

Определение диапазона установки величины заступа на ткацком станке 9

Беляков Н.В., Попок Н.Н., Махаринский Ю.Е., Латушкин Д.Г.

Методическое, алгоритмическое и программное обеспечение синтеза универсально-сборных приспособлений..... 14

Гапонова Т.А., Садовский В.В., Братченя Л.О.

Разработка математических моделей для прогнозирования падения усилий по основе и утку полушерстяных камвольных тканей в процессе термофиксации 27

Казарновская Г.В., Пархимович Ю.Н.

Технология получения жаккардовых полых тканей и тканей двойной ширины полутораслойного строения 37

Милеева Е.С., Казарновская Г.В.

Сравнительный анализ методов определения диаметра котонинсодержащей пряжи 46

Парманчук В.В., Ольшанский В.И.

Имитационное моделирование движения потока мелкодисперсных частиц в наклонном закрытом пространстве при аэродинамическом флокировании 58

Радюк А.Н., Козлова М.А., Буркин А.Н.

Технологии получения материалов для подошв обуви на основе вторичных полиуретанов.. 68

Федосеев Г.Н., Борисова Т.М.

Внутренние усилия и перемещения стелечного узла обуви под воздействием нагрузки 80

Фурашова С.Л., Милюшкова Ю.В.

О целесообразности использования полиуретанового клея-дисперсии для приклеивания подошв в обуви с верхом из искусственных кож..... 88

Шеремет Е.А., Шевцова М.В.

Оценка безопасности детской обуви – состояние и проблемы 98

Химическая технология и экология

Лашкина Е.В.

Исследование физико-химических и эксплуатационных свойств инсектицидных полимерных пленок..... 108

Пчелова Н.В., Щербина Л.А., Городнякова И.С., Будкуте И.А.

Исследование влияния условий формования на крашиваемость геле-волокон из сополимеров акрилонитрила, метилакрилата и итаконовой кислоты..... 118

Рыклин Д.Б., Ясинская Н.Н., Демидова М.А., Азарченко В.М., Скобова Н.В.

Исследование влияния свойств растворов поливинилового спирта на структуру электроформованных материалов 130

Скобова Н.В., Сосновская А.И., Потоцкий В.Н.

Оценка фильтрующих свойств трикотажных материалов из функциональных нитей 140

Экономика

Грузневич Е.С., Андриянова О.М.

Эффективность деятельности промышленной организации: понятие, виды, оценка..... 149

Касаева Т.В.

Информационное обеспечение оценки финансовой эффективности бизнеса 160

Краенкова К.И.

Развитие социального предпринимательства: статистическое измерение и институциональная поддержка 175

Яшева Г.А., Вардомацкая Е.Ю.

Методы и инструментарий оценки эффективности и чувствительности стартап-проекта в среде ТП MS Excel в контексте формирования бизнес-стратегии 193

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ 209

ПАМЯТКА АВТОРАМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА»217

CONTENTS

Technology and Machinery of Light Industry and Machine Building

Bashmetau Valery

Determination of the Range for the Spade Size Setting on the Loom9

Belyakov Nikolay, Popok Nikolay, Makharinsky Yury, Latushkin Dmitry

Methodological, Algorithmic and Software for the Synthesis of Universal Assembly Devices..... 14

Haponava Tatsiana, Sadovski Victor, Bratchenia Liliya

Development of Mathematical Models for Predicting Stress Decrease Along the Warp and Weft of Half-Woolen Worsted Fabrics in the Process of Thermal Fixation27

Kazarnovskaya Galina, Parhimovich Yuliana

Technology of Producing Jacquard Hollow Fabrics and Fabrics of Double-Width One-and-a-Half-Layered Structure37

Mileeva Katsirina, Kazarnovskaya Galina

Comparative Analysis of Methods for Determining the Diameters of Cottonized Flax Fiber 46

Parmanchuk Vera, Alshanski Valeri

Simulation of Motion of a Fine Particles Flow in Inclined Closed Space during Aerodynamic Flocking..... 58

Radyuk Anastasia, Kozlova Maria, Burkin Alexander

Technologies for Producing Materials for Shoe Sole Based on Secondary Polyurethanes68

Fedoseev Geliy, Borisova Tatyana

Internal Stresses and Movements of the Assembled Shoes Insole Under the Influence of Load80

Furashova Sviatlana, Miliushkova Yuliya

Advisability of Using Polyurethane Dispersion Glue for Gluing Soles in Shoes with Artificial Leather Uppers88

Sheremet Elena, Shevtsova Marina

Safety Assessment of Children's Shoes: Status and Problems98

Chemical Technology and Ecology

Lashkina Elena

Research of Physical-Chemical and Operational Properties of Insecticide Polymer Films 108

Pchelova Natallia, Shcherbina Leonid, Haradniakova Iryna, Budkute Iryna
 Study of the Influence of Formation Conditions on Dyeability of Gel-Fibers Made from Copolymers of Acrylonitrile, Methyl Acrylate and Itaconic Acid..... 118

Ryklin Dzmitry, Yasinskaya Natallia, Demidova Mariya, Azarchenko Vladislav, Skobova Natallia
 Influence of Properties of Polyvinyl Alcohol Solutions on the Structure of Electrospun Materials..... 130

Skobova Natallia, Sosnovskaya Anastasiya, Potoski Vasiliy
 Estimation of Filtering Properties of Knitted Materials Made from Functional Thread 140

Economics

Gruznevitch Kate, Andryanova Olga
 Efficiency of the Industrial Organization: Concept, Types, Assessment..... 149

Kasayeva Tamara
 Information Support for Assessment of Financial Efficiency of Business 160

Krayenkova Kristina
 Social Entrepreneurship Development: Statistical Measurement and Institutional Support ... 175

Yasheva Galina, Vardomatskaja Elena
 Methods and Tools For Assessing the Effectiveness and Sensitivity of a Startup Project in the MS Excel Environment in the Context of Developing a Business Strategy..... 193

INFORMATION ABOUT AUTHORS..... 209

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS OF JOURNAL «VESTNIK OF VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY».....217

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАПАЗОНА УСТАНОВКИ ВЕЛИЧИНЫ ЗАСТУПА НА ТКАЦКОМ СТАНКЕ

DETERMINATION OF THE RANGE FOR THE SPADE SIZE SETTING ON THE LOOM

УДК 677.024.83

В.С. Башметов*

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13901>

V. Bashmetau*

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ТКАЦКИЙ СТАНОК, РЕМИЗКИ, ЗЕВООБРАЗОВАНИЕ, ПАРАМЕТРЫ ЗЕВА, ДИАПАЗОН ЗАСТУПА

Предметом исследования является процесс зевобразования на ткацком станке. В работе представлены результаты исследования влияния условий наладки кулачкового зевобразовательного механизма на параметры зева с целью определения диапазона возможной установки величины заступа на бесчелночном ткацком станке типа СТБ. Выполнен анализ изменения размеров зева в ремизном приборе и в зоне прокладывания уточных нитей при различной величине заступа на станке с синусоидальным законом движения ремизок. Приведены результаты расчетов изменения высот зева на станке при выработке хлопчатобумажной ткани в производственных условиях ОАО «БПХО» (г. Барановичи) и определен возможный диапазон заступа.

Предложенная методика расчета позволяет при наладке ткацкого станка в каждом конкретном случае определить возможный диапазон установки величины заступа, в пределах которого обеспечиваются необходимые условия для прокладывания уточных нитей.

ABSTRACT

LOOM, HARNESS, SHEDDING, SHED PARAMETERS, SPADE RANGE

Calculation method of the possible range for setting the spade size on the loom under certain shed sizes and the given parameters of shedding mechanisms is developed providing that within the limits of the given range the unhindered laying of the weft through the shed is kept and the technological process is set and followed.

Range calculation of the spade size for certain conditions for the cotton plain fabric production having the article 484 is done using shuttleless STB looms in the production facilities of BPHO Company (Baranowichi). In the given case the spade may be set from the highest possible size (340) by the position of the loom's main shaft to the minimum possible size (70) of the position. The optimal spade size must be set within the limits of this range.

Величина заступа на ткацком станке является одним из важнейших технологических параметров формирования ткани. Эта величина определяется в момент заступа, когда перемещающиеся сверху вниз и снизу вверх основные нити при зевобразовании встречаются на среднем

уровне. Величина заступа может измеряться в миллиметрах расстоянием от опушки ткани до берда в момент заступа или в градусах углового положения главного вала станка. В градусах величина заступа равна разности угловых положений главного вала при прибое уточной нити и в

* E-mail: tk.vstu@gmail.com (V. Bashmetau)

момент заступа.

Величину заступа на ткацком станке устанавливают в зависимости от вида вырабатываемой ткани и ее переплетения, от плотности ткани по основе и по утку, от сырьевого состава основных и уточных нитей и их линейной плотности и от других факторов путем соответствующей наладки зевообразовательного механизма. При этом перед наладкой необходимо определить диапазон возможной установки величины заступа, в пределах которого будет обеспечиваться процесс формирования ткани.

На бесчелночных ткацких станках типа СТБ с малогабаритными нитепрокладчиками для образования зева применяются различные механизмы, в том числе с кулачковым приводом ремизок. Кулачковые зевообразовательные механизмы могут иметь различные законы движения ремизок [1].

На рисунке 1 показано перемещение ремизки с синусоидальным законом движения снизу вверх на участке **AC** при повороте главного вала станка от φ_1 до φ_4 и сверху вниз на участке **DF** при повороте главного вала от φ_5 до φ_8 . При этом фаза раскрытия зева соответствует повороту главного вала станка от φ_3 до φ_4 , а фаза закрытия зева – от φ_5 до φ_7 . Участок **CD** при повороте главного вала от φ_4 до φ_5 соответствует фазе выстоя ремизки при полностью раскрытом зеве. Фаза выстоя на станках СТБ с кулачковым зевообразовательным механизмом при тради-

ционном законе движения ремизок равна 90° , а движение ремизок происходит в течение 270° угла поворота главного вала станка.

При работе узкого ткацкого станка СТБ, имеющего по цикловой диаграмме начало боя 140° , с нулевым заступом (линейная величина заступа $Z_x = 0$ мм, угловая – $Z_y = 70^\circ$) показанные на рисунке 1 угловые положения главного вала будут иметь следующие значения: $\varphi_1 = 295^\circ (-65^\circ)$; $\varphi_2 = 0^\circ$; $\varphi_3 = 70^\circ$; $\varphi_4 = 205^\circ$; $\varphi_5 = 295^\circ$; $\varphi_6 = 360^\circ (0^\circ)$; $\varphi_7 = 430^\circ (70^\circ)$; $\varphi_8 = 565^\circ (205^\circ)$; $\varphi_9 = 655^\circ (295^\circ)$. Положение главного вала $\varphi_3 = 70^\circ$ соответствует моменту прибора уточных нитей к опушке ткани. Для таких условий работы станка, используя методику [2], можно определить закономерность перемещения ремизки S_e (мм) при движении снизу вверх

$$S_e = \frac{13H}{54} + \frac{2H\varphi}{3\pi} - \frac{H}{2\pi} \sin \frac{2\pi(\varphi - \varphi_1)}{\varphi_4 - \varphi_1}, \quad (1)$$

и S_n (мм) при движении сверху вниз

$$S_n = \frac{113H}{54} - \frac{2H\varphi}{3\pi} + \frac{H}{2\pi} \sin \frac{2\pi(\varphi - \varphi_5)}{\varphi_8 - \varphi_5}, \quad (2)$$

где H – размах движения ремизки, мм; φ – текущее значение угла поворота главного вала станка, рад; φ_1 и φ_4 – угловые положения глав-

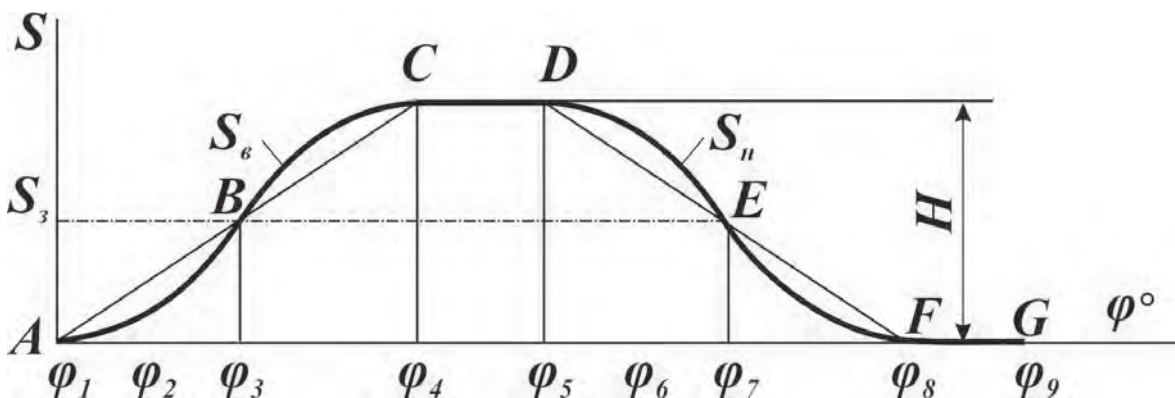


Рисунок 1 – Фазы движения ремизок

ного вала станка в моменты начала и конца движения ремизки вверх соответственно; φ_5 и φ_8 – угловые положения главного вала станка в моменты начала и конца движения ремизки вниз соответственно.

По данным формулам выполнены расчеты перемещений ремизок за цикл зевобразования от $\varphi = \varphi_3$ до $\varphi = \varphi_7$. Исходные данные для расчетов взяты со станка при выработке ткани полотняного переплетения артикула 484 из хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 29 текс в основе и утке с заправкой на четыре ремизки в производственных условиях ОАО «БПХО» (г. Барановичи).

На рисунке 2 показана схема зева в фазе его полного раскрытия. Размах движения ближней к опушке ткани ремизки на данном станке $H_p = 50$ мм. Движения других ремизок практически обеспечивали получение чистого зева.

На рисунке 3 показаны рассчитанные закономерности движения ремизки при работе ткацкого станка без заступа (с нулевым заступом): линии $S_{p(70)}$ – при образовании верхней части

зева и $S'_{p(70)}$ – при образовании нижней части зева. При работе ткацкого станка с некоторой величиной заступа, отличной от нуля, эти линии смещаются влево. Линии $S_{p(20)}$ и $S'_{p(20)}$ соответствуют работе станка с заступом $Z_y = 20^\circ$, а линии $S_{p(330)}$ и $S'_{p(330)}$ – с заступом $Z_y = 330^\circ$.

Определены закономерности перемещения основных нитей ремизками в верхней и нижней частях зева. На рисунке 3 при работе станка с нулевым заступом они представлены соответственно линиями $S_{np(70)}$ и $S'_{np(70)}$. Расстояние между этими линиями по вертикали показывает полную высоту зева H_{np} , образуемого ремизкой (рисунки 2 и 3). Эта высота зева H_{np} определяется с учетом размеров глазков галев по высоте h_z и зазоров δ ушек галев с галевоносителем [3], $H_{np} = H_p - h - \delta$.

Далее, с учетом: расстояния l_n от переднего крайнего положения берда (точка O) до центра нитепрокладчика 1 (точка A), движущегося через зев в направляющих гребенках 2 (рисунок 2); длины передней части зева l_1 ; перемещения опушки ткани λ_n при зевобразовании и

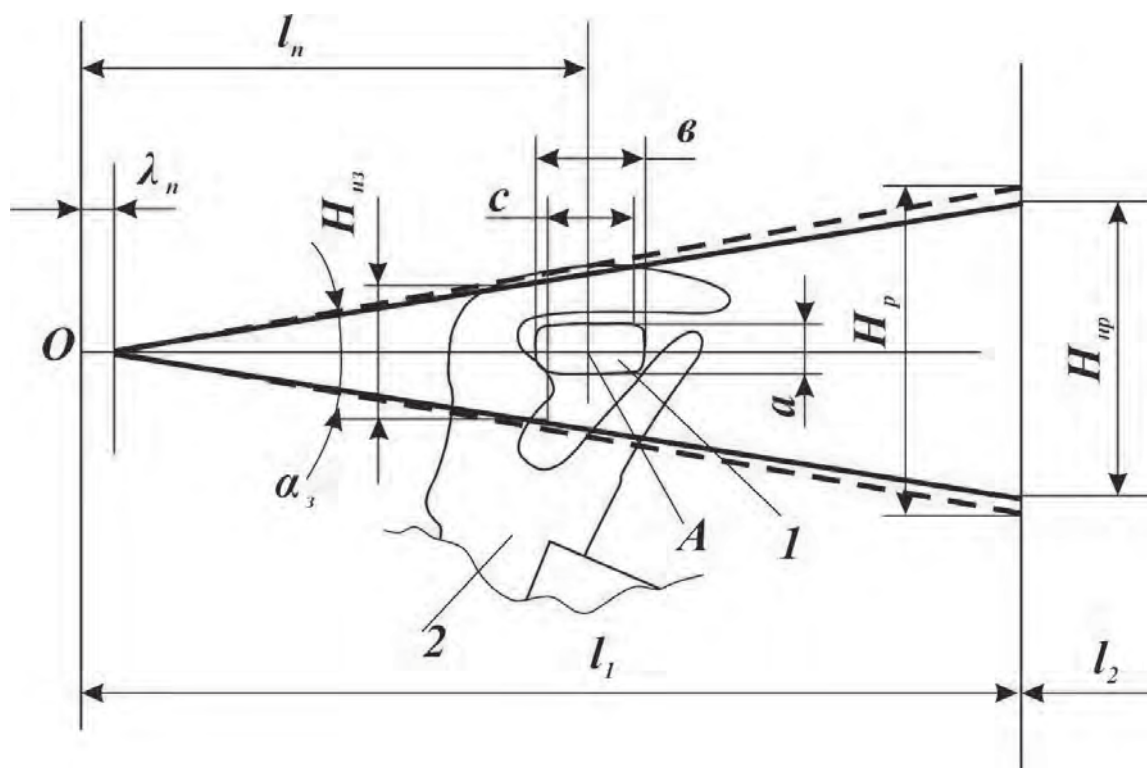


Рисунок 2 – Схема зева

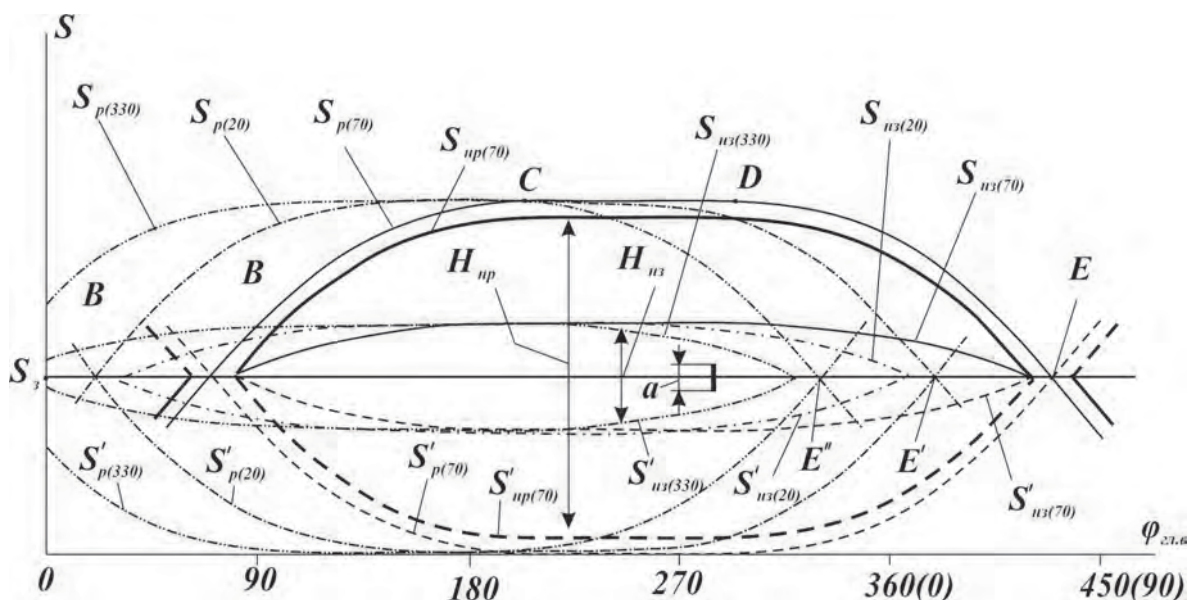


Рисунок 3 – Изменения размеров зева

поперечных размеров нитепрокладчика определялась закономерность изменения высоты зева $H_{нз}$ в зоне полета нитепрокладчика (у его передней боковой грани) в соответствии со следующим соотношением

$$H_{нз} = H_{пр} \frac{\ell_n - \lambda_n - 0,5c}{\ell_1 - \lambda_n}, \quad (3)$$

где c – ширина плоской поверхности нитепрокладчика, $мм$.

Расчеты выполнены при $l_1 = 140 \text{ мм}$, $l_n = 50 \text{ мм}$, $\lambda_n = 2 \text{ мм}$, $c = 10 \text{ мм}$, $h = 5 \text{ мм}$, $\delta = 3 \text{ мм}$. Результаты расчетов закономерности изменения высоты зева $H_{нз}$ в зоне прокладывания утка для условий работы ткацкого станка без заступа (с нулевым заступом) представлены на рисунке 3 линиями $S_{нз(70)}$ в верхней части зева и $S'_{нз(70)}$ – в нижней части зева, при работе станка с заступом 20° – соответственно линиями $S_{нз(20)}$ и $S'_{нз(20)}$, при работе станка с заступом 330° – линиями $S_{нз(330)}$ и $S'_{нз(330)}$.

Высота зева $H_{нз}$ в зоне прокладывания уточных нитей должна обеспечить нитепрокладчику беспрепятственный полет без касания ветвей зева. Между ветвью зева и гранью нитепроклад-

чика на станках СТБ должен быть зазор Δ более 2 мм [1]. Этот зазор необходимо определять в момент вылета нитепрокладчика из зева при его расположении у правой кромки ткани. Для узких станков СТБ максимальный цикловой угол полета нитепрокладчика составляет 145° [4]. Тогда при угле боя 140° зазор Δ должен контролироваться при угловом положении главного вала станка, равном $140^\circ + 145^\circ = 285^\circ$. Это положение главного вала показано на рисунке 3, где обозначена высота a нитепрокладчика. Величина зазора Δ в этот момент, равная $\Delta = 0,5(H_{нз(285)} - a)$, зависит от величины заступа. Тогда, задаваясь минимально возможной величиной зазора Δ , можно определить максимально возможную величину заступа на ткацком станке.

Расчеты показали, что в данном случае при выработке на ткацком станке СТБ хлопчатобумажной ткани артикула 484 с указанными выше исходными данными максимально возможная величина заступа равна 340° положения главного вала. Таким образом, в диапазоне от минимально возможного (нулевого) заступа $\beta_{ymin} = 70^\circ$ до максимально возможного заступа $\beta_{ymax} = 340^\circ$ обеспечиваются требуемые условия для полета нитепрокладчика при прокладыва-

нии уточных нитей через зев без касания с нитями основы. В пределах этого диапазона должна устанавливаться необходимая оптимальная величина заступа.

Данная методика расчета при заданных размерах зева, размерах глазков галев, зазорах между галевами и галевоносителями, зазорах между основными нитями и нитепрокладчиками

в зоне прокладывания утка позволяет при наладке ткацкого станка в каждом конкретном случае определить возможный диапазон установки величины заступа, в пределах которого сохраняются необходимые условия для прокладывания уточных нитей через зев и обеспечивается процесс формирования ткани.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаров, В. А., Хозина, Е. Н., Лебзак, А. В. (2004), Методика анализа законов движения, применяемых в приводе зевообразующих механизмов (ЗОМ) ткацкого станка, *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*, 2004, № 5 (280), С. 76–80.
2. Башметов, В. С. (2017), Анализ параметров зевообразования на лентоткацких станках, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2017, № 1 (32), С. 20–25.
3. Гаврилов, А. Н., Хозина, Е. Н., Макаров, В. А. (2015), Взаимодействие элементов ремизки в процессе образования зева, *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*, 2015, № 2 (356), С. 103–108.
4. Макаров, В. А., Хозина, Е. Н., Лебзак, А. В. (2004), Влияние положения заступа на величину открываемого зева, *Текстильная промышленность*, 2004, № 4, С. 68–73.

REFERENCES

1. Makarov, V. A., Khosina, Ye. N., Lebsak, A. V. (2004), Analysis method of law movement used in the drive of the shedding mechanisms of the loom [Metodika analiza zakonov dvizheniya, primenyaemych v prihode zevoobrasujuchich mekhanizmov tkackogo stanka], *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti – News of High Educational Institution. Technology of Textile Industry*, 2004, № 5 (280), pp. 76–80.
2. Bashmetov, V. S. (2017), Analysis of the Parameters of Shedding on Narrow Looms [Analiz parametrov zevoobrasovaniya na lentotkackich stankach], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2017, № 1 (32), pp. 20–25.
3. Gavrilov, A. N., Khosina, Ye. N., Makarov, V. A. (2015), Interaction of the head elements in the process of warp shed formation [Vzaimodeystviye elementov remizki v protsesse obrazovaniya zeva], *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti – News of High Educational Institution. Technology of Textile Industry*, 2015, № 2 (356), pp. 103–108.
4. Makarov, V. A., Khosina, Ye. N., Lebsak, A. V. (2004), Influence of the spade position on the size of the opening shed [Vliyanie polozeniya zastupa na velishinu otkryvaemogo zeva], *Textile industry*, 2004, № 4, pp. 68–73.

Статья поступила в редакцию 13. 11. 2020 г.

МЕТОДИЧЕСКОЕ, АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИНТЕЗА УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

METHODOLOGICAL, ALGORITHMIC AND SOFTWARE FOR THE SYNTHESIS OF UNIVERSAL ASSEMBLY DEVICES

УДК 658.512

**Н.В. Беяков^{1*}, Н.Н. Попок², Ю.Е. Махаринский¹,
Д.Г. Латушкин¹**

¹ Витебский государственный технологический университет

² Полоцкий государственный университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13902>

**N. Belyakov^{1*}, N. Popok², Yu. Makharinsky¹,
D. Latushkin¹**

¹ Vitebsk State Technological University

² Polotsk State University

РЕФЕРАТ

КОРПУСНАЯ ДЕТАЛЬ, УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, БАЗИРОВАНИЕ, ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА, МАШИНОСТРОЕНИЕ

Объект разработки – универсально-сборные станочные приспособления для корпусных деталей средних габаритных размеров и методы автоматизации их проектирования.

Для исследования и решения поставленных в работе задач использовались методы теории автоматизации проектирования, теории базирования, системно-структурного анализа и моделирования, алгебры логики, теории множеств.

Представленная система позволяет: формировать схемы базирования заготовок, обеспечивающие на стадии проектирования требуемые допуски взаимного расположения конструктивных элементов; выдавать задание на проектирование приспособления в виде теоретической схемы установки; производить автоматизированное проектирование 3D-моделей компоновок универсально-сборных приспособлений, их чертежей, а также технологических схем их сборки и разборки.

Использование системы на машиностроительных предприятиях позволяет: снижать вероятность неустраняемого брака за счет научно обоснованного решения вопроса обеспечения допусков взаимного расположения конструктивных элементов детали на этапе проектирования компоновки; снижать временные затраты на

ABSTRACT

HOUSING PART, UNIVERSAL-ASSEMBLED MACHINE TOOLS, DESIGN AUTOMATION, LOCATING CHART, PRODUCTION PREPARATION, MECHANICAL ENGINEERING

The object of development is universal-assembled machine tools for body parts of medium dimensions and methods for automating their design. Methods of design automation theory, basing theory, system-structural analysis and modeling, logic algebra, and set theory were used for research and solution of the tasks set in the work.

The presented system allows you to do the following: form a locating chart for workpieces that provides the required tolerances for the relative location of structural elements at the design stage; issue a task for the design of the device in the form of a theoretical installation scheme; perform computer-aided design of 3D models of universal-assembled machine tools, their drawings, as well as technological schemes for their assembly and disassembly.

The use of system in engineering enterprises allows: to reduce the likelihood of a nonremovable defect through science-based solutions for providing tolerances of the mutual arrangement of structural elements of detail at the design stage of the layout; to reduce the time of production preparation; to employ low-qualified workers for assembling; to make up the most rational nomenclature of the starter kits; include a universal service-teams of devices into a single automated system of technological preparation of production.

* E-mail: vstu@vitebsk.by (N. Belyakov)

подготовку производства; собирать приспособления сборщиком невысокой квалификации; составлять наиболее рациональную номенклатуру пусковых комплектов; включить службу универсально-сборных приспособлений в единую автоматизированную систему технологической подготовки производства.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ работы машиностроительных предприятий показывает, что в общей номенклатуре деталей, применяемых в машиностроении, корпусные детали составляют порядка 10–20 %. Причем порядка 60 % из них являются деталями средних габаритных размеров. Корпусные детали состоят из различных конструктивных элементов и имеют высокие требования по точности их взаимного расположения. В том случае, если заданная точность взаимного расположения не обеспечена, то деталь неизбежно перейдет в неустранимый брак. Задачи обеспечения точности взаимного расположения конструктивных элементов должны решаться уже на стадии проектирования технологии и станочных приспособлений за счет рационального выбора баз.

В практической работе в большинстве случаев для каждой новой корпусной детали разрабатывается индивидуальный технологический процесс. Причём порядка 80 % станочных приспособлений в этих технологических процессах составляют универсально-сборные приспособления (УСП). Сборка УСП для корпусных деталей осуществляется слесарями-сборщиками высокой квалификации по чертежу детали исходя из собственного опыта и интуиции. Как такового проектирования компоновочной схемы приспособления не производится. Не рассматриваются, как правило, вопросы обеспечения точности взаимного расположения конструктивных элементов обрабатываемой детали.

Сократить трудоемкость проектирования в десятки раз и повысить качество проектных работ позволяет их автоматизация. Анализ работ по автоматизации проектирования УСП показывает, что в проектной практике находят применение базы данных 3D-элементов УСП. Их стоимость составляет порядка 3–4 тысячи у. е. Од-

нако в настоящее время отсутствуют какие-либо САПР УСП с инструментарием автоматического формирования компоновок приспособлений с учетом обеспечения требуемых допусков взаимного расположения конструктивных элементов [1–4].

Таким образом, целью работы является разработка методического, алгоритмического и программного обеспечения синтеза компоновок универсально-сборных приспособлений для корпусных деталей средних габаритных размеров, обеспечивающих на стадии проектирования заданные чертежом детали допуски взаимного расположения конструктивных элементов.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи: проведен анализ конструкторской и технологической документации базовых машиностроительных предприятий; разработано методическое и алгоритмическое обеспечение процедуры синтеза задания на проектирование УСП; разработан алгоритм функционирования и общая структура системы поддержки принятия решений синтеза компоновок УСП для корпусных деталей; определена конфигурация технических средств; разработано программное обеспечение и проведены его комплексная отладка и предварительные испытания; разработаны программные документы; проведена опытная эксплуатация системы.

Для исследования и решения поставленных в работе задач использовались методы теории автоматизации проектирования, теории базирования, системно-структурного анализа и моделирования, алгебры, логики, теории множеств. Проводился анализ литературных источников, электронных изданий, опыта использования систем автоматизированного проектирования на предприятиях, а также анализ конструкторской и технологической документации в соответст-

ющих бюро машиностроительных заводов.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В работе [5] предложена система понятий теории базирования, в которой разграничиваются понятия реального и проектного базирования при механической обработке, сборке и измерениях, теоретической схемы базирования и установки, вводятся положения об однозначности и корректности ориентации конструктивных элементов.

Изложенные положения позволяют предложить следующую последовательность процедур проектирования УСП: 1) синтез конструкторско-технологической модели заготовки на этапах типовой схемы обработки; 2) синтез структуры операции (определение обрабатываемых на станке поверхностей, числа установов и составов баз ориентации); 3) синтез схемы базирования (определение комплектов баз); 4) синтез схемы установки (состав установочных и (или) установочно-зажимных элементов и определение точки приложения и направления силы закрепления); 5) синтез функциональной модели приспособления (список основных, вспомогательных и дополнительных функций); 6) определение характеристик окружающей среды (элементы станка для использования приспособления); 7) анализ допустимости выбранной схемы установки (оценка погрешности схемы установки); 8) разработка конструктивной схемы (компоновки) приспособления; 9) параметрический синтез приспособления (силовой расчет и расчет на точность); 10) разработка рабочих чертежей.

При переходе от первой процедуры проектирования к последней происходит наращивание объема информации о процессе реального базирования. Однако модель базирования не может быть тождественна реальному процессу. Процедуры 1–4 играют особую роль в процессе проектирования УСП. Именно с их помощью на стадии проектирования решаются задачи обеспечения заданных чертежом требований к точности взаимного расположения элементов конструкции.

Синтез конструкторско-технологической модели заготовки предлагается осуществлять с помощью набора функциональных модулей (ФМ), технологических регламентов их обработки,

характеристик их элементов (внутренних показателей), а также структуры линейных и угловых связей между ФМ (внешних показателей) [6–7]. Хранение информации о внутренних показателях ФМ внутри этапов (предварительный, чистовой, отделочный) типовой схемы обработки предлагается осуществлять в виде базы данных соответствующего формата. Оперирование с внешними параметрами предлагается осуществлять с помощью неориентированных графов типа дерева обозначений размерных связей главных поверхностей ФМ в трех координатных направлениях $R_{(x,y,z)}$ для предварительного, чистового и отделочного этапов типовой схемы обработки $R^p_{(x,y,z)}$, $R^q_{(x,y,z)}$, $R^o_{(x,y,z)}$ (п ч о – индексы, обозначающие заготовительный, предварительный, чистовой и отделочный этапы) и ориентированного графа угловых расположений U обрабатываемых поверхностей по отношению к необрабатываемым (индекс *обр-нобр*) и обрабатываемых поверхностей к обрабатываемым (индекс *обр-обр*) $U^p_{n_i \text{ обр-обр}}$, $U^q_{n_i \text{ обр-обр}}$, $U^o_{n_i \text{ обр-обр}}$, $U^p_{n_i \text{ обр-нобр}}$, $U^q_{n_i \text{ обр-нобр}}$, $U^o_{n_i \text{ обр-нобр}}$.

Задачи внутримашинного представления информации предполагают использование матричного представления графов. Графы $R_{(x,y,z)}$ предлагается представлять с помощью матрицы смежности $R^{см}_{(x,y,z)} = \|r_{ij}\|_{m \times m}$, элементы которой образуются по правилу:

$$r_{i,j} = \begin{cases} v_k, & \text{если вершина } \bar{n}_i \text{ соединена с вершиной } \bar{n}_j \text{ ребром;} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (1)$$

где $v_k = (\bar{n}_i, \bar{n}_j)$ – ребро графа, соединяющее вершины $\bar{n}_i$ и $\bar{n}_j$ (в матрицу записывается $A(T)$ – соответствующий линейный размер и численное значение допуска на него); m – число вершин.

В рассмотренном графе множество ребер является неориентированными линиями, для которых не существует порядок соединения вершин $v_k = (\bar{n}_i, \bar{n}_j)$ или $v_k = (\bar{n}_j, \bar{n}_i)$.

Строки и столбцы матрицы $R^{см}_{(x,y,z)}$ соответствуют вершинам графа. На пересечении i -й строки и j -го столбца ставится элемент $r_{i,j}$, соответствующий размеру и численному значению допуска на размер, или ставится 0. Также ребрам присваиваются метки 1 или 2. Метка 1 присваивается элементу матрицы в том случае, если

между собой соединяются обрабатываемые вершины. Метка 2 присваивается элементу матрицы в том случае, если между собой соединяются вершины, обозначающие необрабатываемые поверхности и если ребро соединяет вершины, обозначающие обрабатываемую и необрабатываемую поверхности.

Эффективная работа системы возможна только при корректном вводе исходной конструкторской информации, в том числе и размерных связей. Для оценки правильности простановки линейных размеров с помощью матриц смежности предлагается проверять следующие условия:

1. Число вершин на графе должно быть на 1 больше числа ребер, то есть должно выполняться условие $KI / 2 = m - 1$, где KI – сумма строк и столбцов, не равных 0. Если $KI / 2 < m - 1$, то на чертеже недостаточно линейных размеров. Если $KI / 2 > m - 1$, то на чертеже $KI / 2 - m + 1$ лишних размеров.

2. На графе не должно быть оторванных вершин, то есть в матрице не должно быть нулевой строки (столбца).

3. На графе должна быть одна линейная связь между комплексом обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей, то есть строки (столбцы) матрицы, соответствующие номерам обрабатываемых вершин, должны иметь единственный элемент с меткой «2», а необрабатываемые – с меткой «1».

4. На графе не должно быть замкнутых контуров. Для проверки этого условия в строке (столбце) матрицы отыскиваются единственные ненулевые элементы. Далее эти строки (столбцы) обнуляются (в графе отсекаются вершины). В результате получается трансформированная матрица, в которой соответствующие элементы строк (столбцов) нулевые. В новой матрице вновь выполняется обнуление конечных ветвей и так далее. Поиск прекращается при получении на двух последних шагах двух одинаковых матриц.

В ходе проведения исследований было установлено, что для деталей, имеющих общую плоскость симметрии и ряд ФМ вращения (в том числе и соосных, оси которых лежат в этой плоскости), отсутствуют формальные правила построения графов линейных размеров. Предлагается указанные графы строить в следующей

последовательности:

1. В необходимом координатном направлении вначале отыскивается базовый ФМ и с ним связывается плоскость симметрии комплекса необрабатываемых элементов конструкции, затем эта процедура повторяется для комплекса обрабатываемых элементов. Для этого устанавливается факт задания допуска симметричности или соосности.

1.1. Если на чертеже детали имеются конструктивные элементы, для которых допуски симметричности или соосности (как правило, комплекс обрабатываемых поверхностей) заданы в явном виде, то за базовый элемент для всех прочих элементов принимается поверхность элемента, для которого указанный допуск задан в явном виде (все прочие поверхности на графе соединяются ребром с базовым элементом).

1.2. Если на чертеже детали допуски симметричности заданы по умолчанию, то за базовый элемент, к которому относится неуказанный допуск симметричности, нужно принимать плоскость (ось) симметрии элемента, имеющего большую длину в плоскости, параллельной плоскости симметрии; при одинаковых длинах – плоскость (ось) элемента с допуском линейного размера по более точному качеству в направлении, перпендикулярном плоскости симметрии; при одинаковых длинах и качествах – элемента с большим линейным размером в направлении, перпендикулярном плоскости симметрии. Если и размеры одинаковы, то по технологическим соображениям предпочтение следует отдавать поверхности вращения.

1.3. В том случае, если имеются соосные поверхности, а допуск соосности для них не задан, то за базовый элемент принимается ось поверхности, имеющей наибольшую длину; при одинаковых длинах – ось поверхности с допуском диаметра по более точному качеству; при одинаковых длинах и качествах – ось поверхности с большим диаметром.

2. Базовые элементы комплексов обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей связываются ребром графа и отыскивается численное значение допуска симметричности (соосности) в зависимости от номинального размера и определяющего допуска размера.

Графы U предлагается формировать согласно принципам однозначности и корректности задания ориентации элементов конструкции относительно того или иного комплекта баз ориентации [5], а также исходя из следующих основных положений: за базу, к которой относится неуказанный допуск перпендикулярности в одном координатном направлении, принимается элемент (или его ось) из числа обрабатываемых или необрабатываемых конструктивных элементов (в зависимости от того, какой граф формируется), имеющий больший линейный размер в рассматриваемых перпендикулярных направлениях, а при одинаковых размерах – поверхность, имеющая меньшую шероховатость; если деталь имеет элементы, для которых указаны допуски перпендикулярности, то неуказанные допуски следует относить к тем же базам, что и указанные; численные значения неуказанных допусков перпендикулярности также определяются в зависимости от номинального размера и определяющего допуска размера.

Графы U предлагается представлять в виде матрицы инцидентности. Под матрицей инцидентности понимается прямоугольная таблица вида $U = \|u_{i,j}\|_{m \times l}$, элементы которой образуются по правилу

$$u_{i,j} = \begin{cases} y_l, & \text{если ребро } y_l \text{ выходит из вершины } \bar{n}_i; \\ -y_l, & \text{если ребро } y_l \text{ входит в вершину } \bar{n}_i; \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (2)$$

где $y_l = \langle \bar{n}_i, \bar{n}_j \rangle$ – дуга графа, соединяющая вершину i с вершиной j (в матрицу записывается T – соответствующий допуск углового расположения); m – число вершин; l – число рёбер.

Следует отметить, что $y_l = \langle \bar{n}_i, \bar{n}_j \rangle$ и $y_l = \langle \bar{n}_j, \bar{n}_i \rangle$ это различные дуги в графе U .

Для формального автоматического формирования матриц инцидентности предлагается использовать понятие единичного вектора плоскости или оси. Под единичным вектором плоскости будем понимать любой вектор единичной длины, перпендикулярный рассматриваемой плоскости. Под единичным вектором прямой будем понимать любой вектор единичной длины, параллельный рассматриваемой оси. Если определить координаты единичного вектора уравнения главной плоскости ФМ, проходящей через дан-

ную точку с заданным нормальным вектором и единичного вектора уравнения прямой ФМ в каноническом виде, то можно определять показатели взаимного углового расположения любых пар поверхностей внутри функционального модуля и детали в целом.

Выявления возможных составов баз ориентации (для рассматриваемой главной оси и плоскости ФМ) предлагается осуществлять с помощью совместного анализа графов размерных и угловых связей этапа. Для этого номер обрабатываемой поверхности (ее оси или плоскости) отыскивается на графе (по одной оси для плоской поверхности, по двум координатным осям для оси) размерных связей. Определяется ее связь или связи с другими ближайшими поверхностями на графах размерных связей. Далее для плоских поверхностей на графах угловых расположений обрабатываемых поверхностей комплект дополняется двумя поверхностями, для оси комплект дополняется одной поверхностью. Для определения принадлежности сформированных составов баз к одному из описанных выше определяется характер поверхности (ось или плоскость).

Для определения комплектов баз (числа налагаемых связей) предлагается использовать массив продукционных моделей, соответствующих вариантам однозначного задания ориентации ФМ [5]. В том случае, если ориентируется несколько главных поверхностей ФМ, то число связей следует определять с помощью ранжирования численных значений допусков по компонентам состава баз и последующего определения приоритета компонента (в зависимости от этого значения). Например, если относительно состава баз, состоящего из трёх взаимно перпендикулярных плоскостей, ориентируется две оси и заданное численное значение допуска перпендикулярности одной оси относительно одной плоскости меньше численного значения допуска перпендикулярности второй оси относительно второй плоскости, то первая плоскость назначается установочной базой, а вторая – направляющей.

Для формирования схемы установки и компоновки приспособления определён состав установочных, установочно-зажимных и прочих элементов УСП, сформирована база данных па-

раметризованных моделей деталей комплектов, а также предложена общая структурная схема универсально-сборного приспособления

(рисунок 1).

Базовые детали УСП – это наиболее крупные детали, которые обычно служат основанием



Рисунок 1 – Фрагмент классификатора параметризованных компонентов УСП

приспособления. Наибольшее распространение получили квадратные, прямоугольные и круглые плиты (коды 1.1 и 1.2), базовые угольники (код 1.3) и другие. Они имеют Т-образные и шпоночные пазы размером 12 мм с допускаемым отклонением от параллельности и перпендикулярности не более 0,01 мм на 200 мм длины, а также систему точных крепёжно-ориентировочных отверстий. Пазы расположены с шагом 60 мм и служат для точной установки и крепления элементов при помощи шпонок и болтов. Назначение корпусных деталей – ориентация и крепление установочных, направляющих, прижимных и прочих деталей. Детали этой группы весьма разнообразны как по конструктивным формам, так и по количеству типоразмеров. К ним относятся: опоры угловые (код 2.1), угольники крепёжные, ребристые, с установочными отверстиями, обыкновенные (коды 2.2–2.5). Допуск параллельности и перпендикулярности плоскостей, осей и всех пазов корпусных деталей не более 0,01 мм на 100 мм длины. С такой же высокой точностью изготавливают ответственные детали и других групп. К направляющим деталям (код 3) относятся валики, колонки, кондукторные втулки, планки и другие детали, служащие для направления режущего инструмента и фиксации заготовки в приспособлении. Прижимные детали (код 4) – всевозможные прихваты (плоские, изогнутые, вильчатые и другие). Установочные детали (призмы с хвостовиком, опорные, подкладные) (коды 5.1–5.3), подкладки квадратные и прямоугольные (код 5.4), опоры квадратные и прямоугольные (коды 5.5–5.6), пальцы установочные (код 5.7 и другие) служат для установ-

ки обрабатываемых деталей. Крепежные детали служат для крепления всех элементов УСП (шпильки резьбовые, болты, винты, гайки, шайбы и тому подобное). К узлам относятся поворотные головки и кронштейны, бабки центровые, подвижные призмы, фиксаторы, делительные диски, откидные направляющие планки, прижимные колодки, кулачковые и тисочные зажимы и т. п. Детали комплекта изготавливаются из высококачественных легированных и инструментальных сталей различных марок и подвергаются термической обработке.

Для формирования состава установочных элементов УСП предлагается применять метод типовых технических решений, при реализации которого элементы схемы базирования заменяются соответствующими установочными элементами [5]. Для этого разработан массив сокращения вариантов технических решений для УСП (таблица 1).

При выборе вариантов технических решений учитываются следующие ограничения: тип производства, габариты и масса обрабатываемой детали, показатели качества базы, поверхность базирования (наружная, внутренняя), тип поверхности, характер базы (явная, скрытая), вид обработки (отделочная, чистовая, предварительная). Окончательно решение о выборе необходимого набора компонентов принимается с помощью интегральных показателей сложности состава установочных элементов на основе коэффициентов сложности (стоимости) установочных, установочно-зажимных компонентов.

Предложенные методики, модели и алгоритмы позволили создать систему поддерж-

Таблица 1 – Элементы таблицы соответствия и сокращения вариантов

База	Код	Габариты и масса обрабатываемой детали				Поверхность базирования		...
		м	с	к	ок	нар	внутр	...
Установочная	Тр 5.5.1	х	х			х		...
	Тр 5.5.2		х	х	х	х		...
	...	...	...	...	...	...	...	...
Направляющая	Тр 5.5.1	х	х			х		...
	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...

ки принятия решений универсально-сборных приспособлений для корпусных деталей средних габаритных размеров при обработке на фрезерных обрабатывающих центрах. Система разработана как приложение графических редакторов Компас и Autodesk Inventor. Пользователь систем средствами графического редактора проектирует трехмерную твердотельную модель детали с кодированием функциональных модулей, допусков взаимного расположения и линейных размеров. В приложении задаются технологические возможности оборудования, вектора доступности для обработки и др. Пользователь может сам указать подлежащие обработке на операции конструктивные элементы. Далее си-

стема предлагает несколько вариантов маршрута обработки заготовки с указанием приоритетных базовых поверхностей для обеспечения допусков взаимного расположения функциональных модулей, состав установочных, установочно-зажимных и (или) зажимных элементов, рекомендует состав базовых, направляющих и прочих элементов УСП, формирует несколько вариантов трёхмерных компоновок приспособления, монтажные чертежи, а также наглядные схемы сборки-разборки сложных компоновок.

Система проходит апробацию на ОАО «Вистан» (г. Витебск) и в учебном процессе УО «ВГТУ». Так, на рисунке 2 показана модель состояния заготовки детали «Рукав 422-240711»

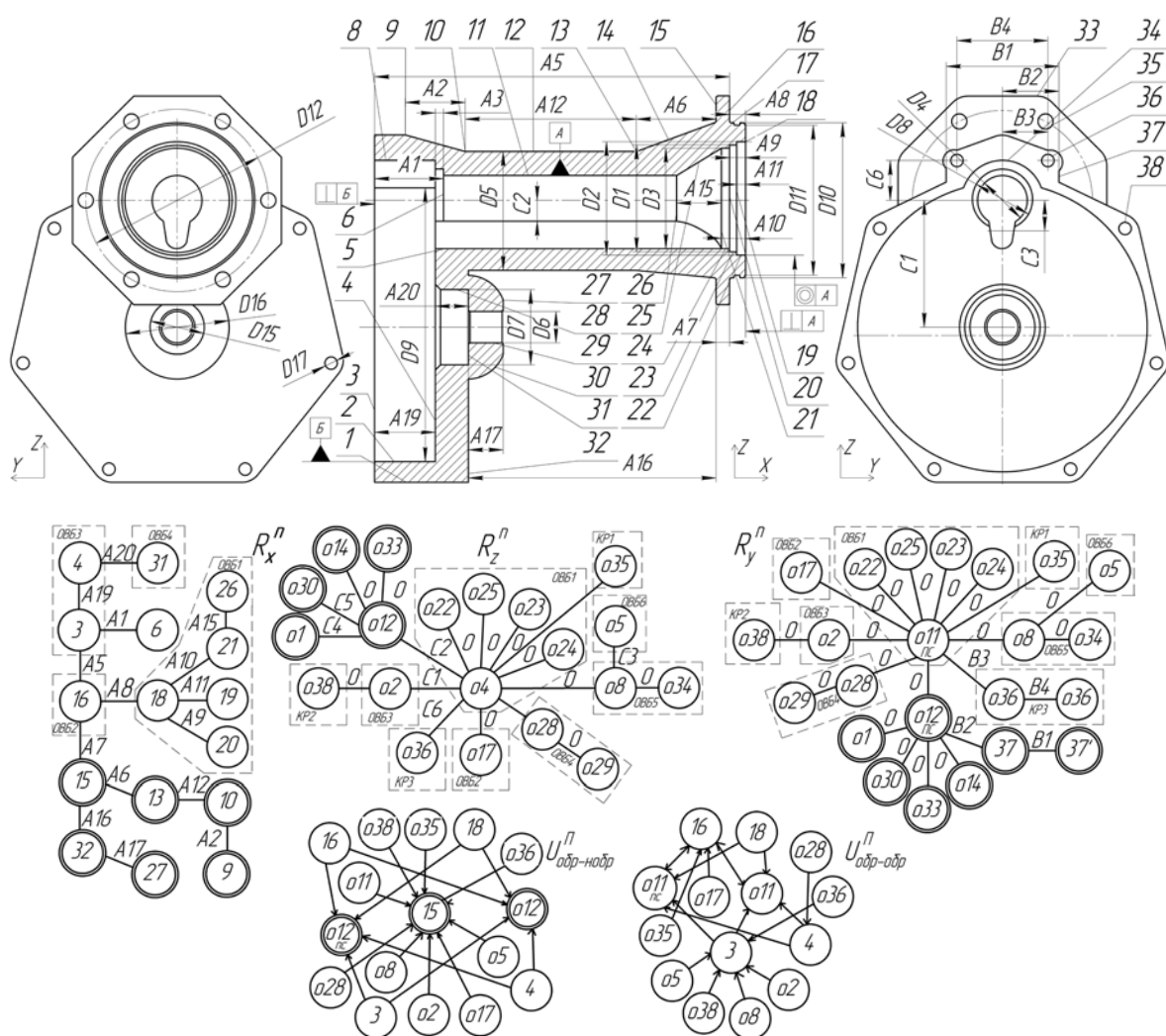


Рисунок 2 – Модель состояния заготовки детали, а также соответствующие графы

(ОАО «Вистан») на предварительном этапе, а также соответствующие графы. Деталь состоит из 6 ФМ образующих основную и вспомогательные сборочные базы, трех крепёжных ФМ и ряда объединительных ФМ. В таблице 2 представлены составы баз ориентации.

Пусть необходимо спроектировать приспособление обработки ФМ ОВБ1,2 и КР1 (поверхности о11 (о22, о23 ...), о17, 1618, о35) от комплекта баз о12-о12пс-15. Состав баз ориентации – две плоскости и ось, лежащая в одной из плоскостей. Определение числа связей (комплекта технологических баз) сводится к производственной модели О22: если задан допуск

параллельности (соосности) относительно оси O_i , то ось O_i назначается двойной направляющей базой, плоскости P_i и P_j назначаются опорными базами [5].

На рисунке 3 представлена схема базирования для рассматриваемой заготовки.

Для представленной схемы базирования формируется массив приемлемых технических решений по составу установочных элементов Тр5.2.2, Тр5.2.2, Тр5.8.1... Тогда схема установки для рассматриваемой заготовки примет вид, представленный на рисунке 4.

На рисунке 5 представлены интерфейсы работы программного обеспечения, ассоциатив-

Таблица 2 – Фрагмент таблицы составов баз ориентации

о11 (о22, о23 ...)	о17	о8	о5	18	16	...
о12-о12пс-15 о12-о12пс-16 о17-о17-15 о17-о17-16 о2-о2-15 ...	о11-о11пс-15 о11-о11пс-16	о11-о11пс-15 о11-о11пс-16 о5-о5-15 о5-о5-16	о8-о8-15 о8-о8-3	о12-о12пс-15 о11-о11пс-16	о12-о12пс-15 о11-о11пс-16	...

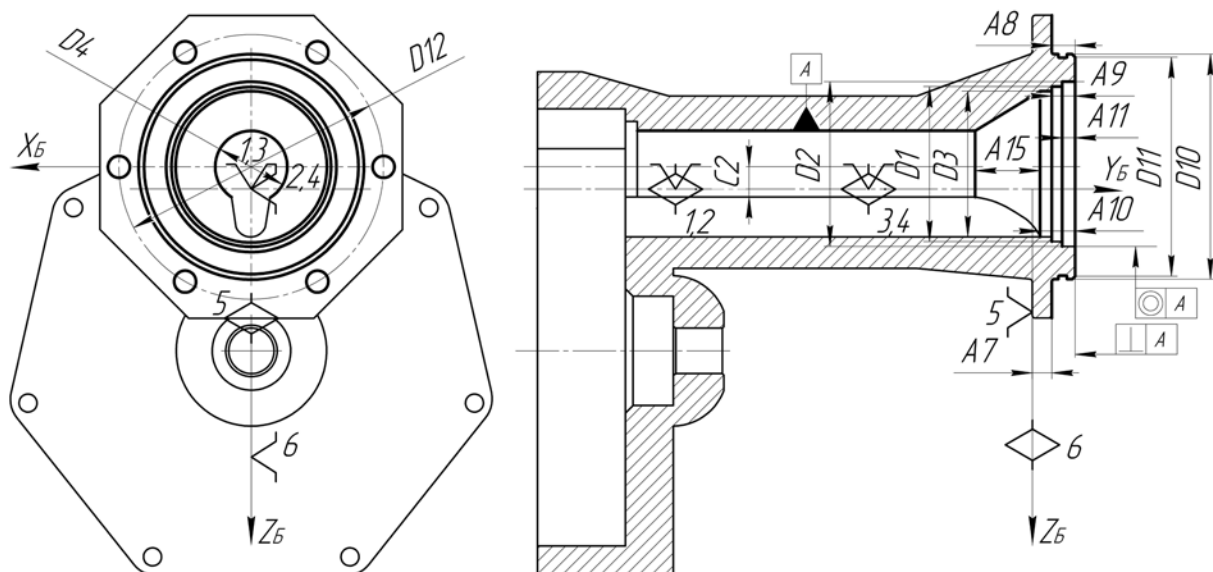
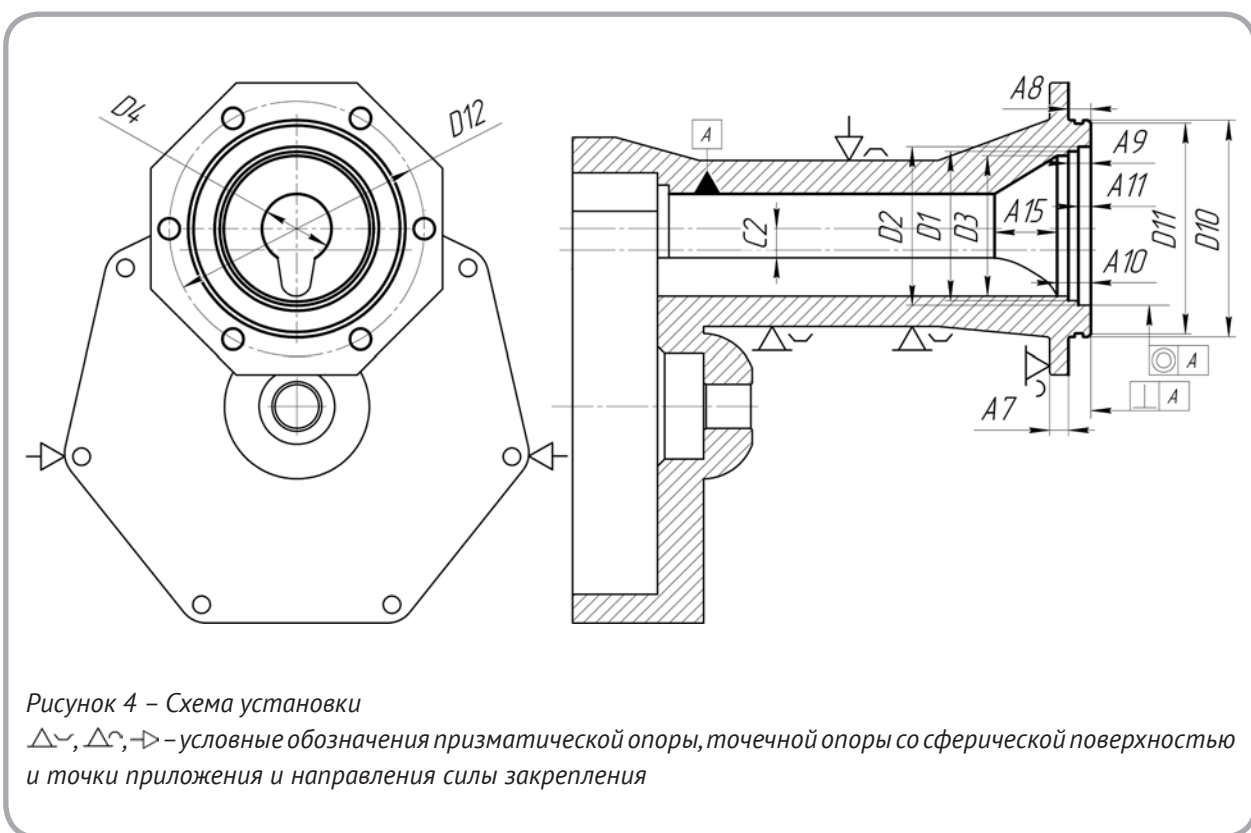


Рисунок 3 – Схема базирования

Условные обозначения направляющих векторов: $\sim$ – на виде сбоку; $\diamond$ – в плане



ные схемы сборки и чертежи УСП, выполненные с помощью системы (деталь «Рукав 422-240711», ОАО «Вистан»).

ВЫВОДЫ

На основе системы понятий теории базирования предложен новый подход к моделированию УСП для заготовок корпусных деталей, заключающийся в последовательном определении возможных составов баз ориентации для всех конструктивных элементов; группировании идентичных составов; проверке возможности обработки элементов конструкции за один установ на имеющемся оборудовании; идентификации составов баз ориентации; определении числа налагаемых связей и синтезе состава установочных элементов приспособления, который при реализации сокращает трудоемкость проектных работ.

Представление разработанных методик на языке теории графов, алгебры логики, теории множеств, теории алгоритмов и теории размерных цепей позволило создать систему поддержки принятия решений синтеза УСП для механической обработки оригинальных нетиповых заготовок корпусных деталей средних габарит-

ных размеров и доказать их работоспособность.

Разработанная система позволяет: снижать вероятность неустранимого брака за счет научно обоснованного решения вопроса обеспечения допусков взаимного расположения конструктивных элементов детали на этапе проектирования компоновки; снижать временные затраты на подготовку производства; собирать приспособления сборщиком невысокой квалификации; составлять наиболее рациональную номенклатуру пусковых комплектов; включить службу УСП в единую автоматизированную систему технологической подготовки производства.

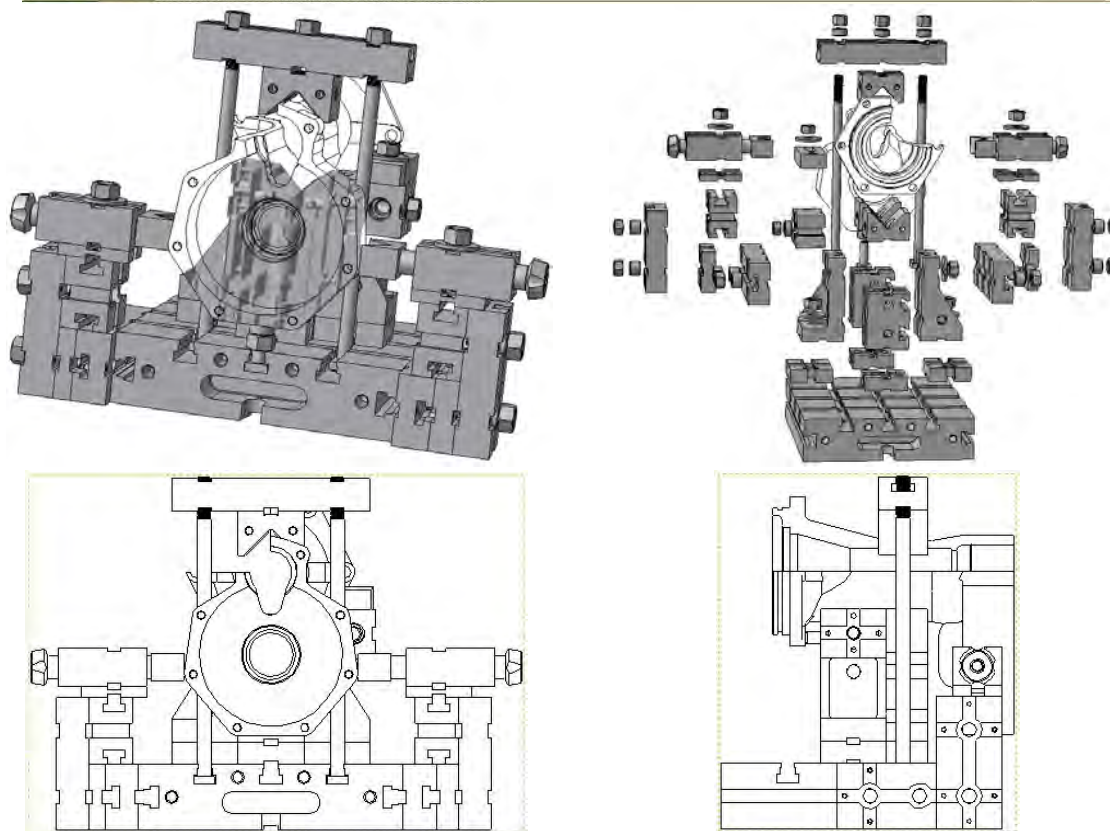
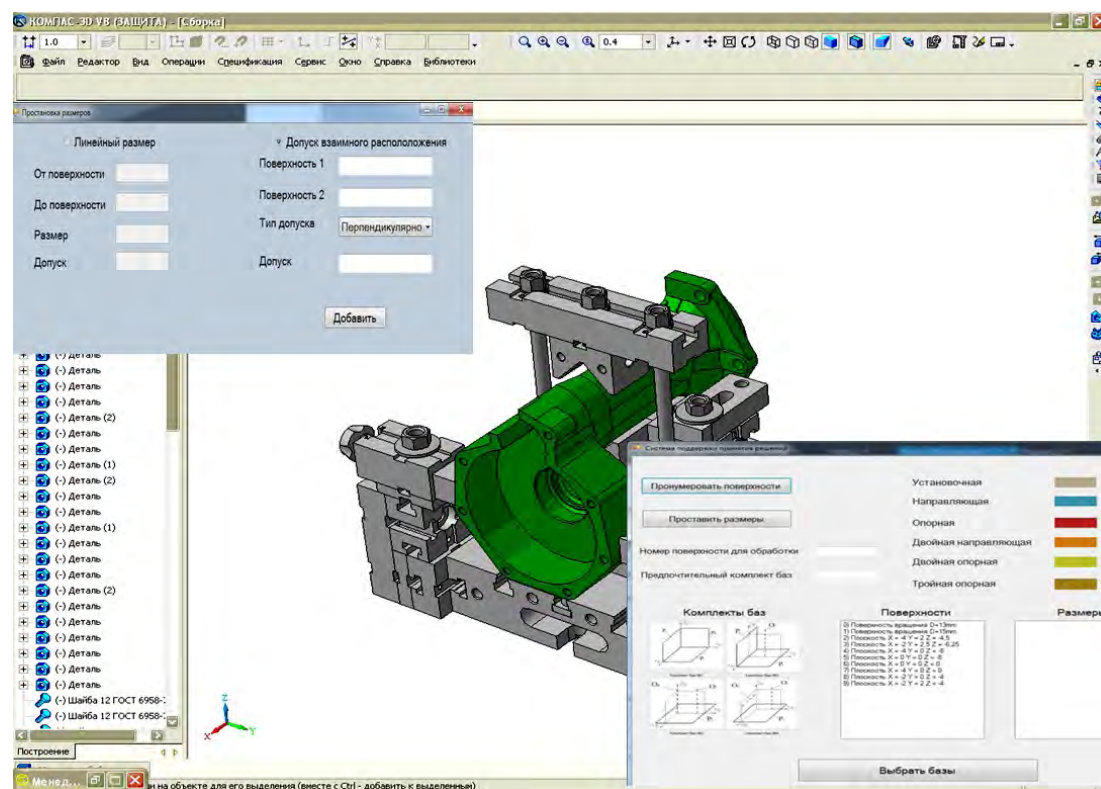


Рисунок 5 – Интерфейсы работы программного обеспечения, ассоциативные схемы сборки и чертежи УСП

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петров, П. С. (2017), Визуальная база данных параметрических элементов универсально-сборных приспособлений, *Вестник МГТУ СТАНКИН*, 2017, № 2, С. 30–31.
2. Серков, Е. А. (2010), Автоматизация процесса проектирования групповых станочных приспособлений, *Приборостроение*, 2010, № 08, С. 56.
3. Белов, Е. В. (2019), Разработка САПР УСП, *Тезисы докладов 52 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*, Витебск, 2019, С. 254.
4. Южно-уральский завод универсально-сборных приспособлений и технологической оснастки [Электронный ресурс] / Универсально-сборные приспособления (УСП). – Режим доступа: <http://uspto.ru/>. – Дата доступа: 10.03.2020.
5. Махаринский, Е. И. (2008), Теория базирования в проблеме проектирования технологических процессов механической обработки и станочных приспособлений, *Вестник машиностроения*, 2008, № 9, С. 34–45.
6. Попок, Н. Н. (2010), Методы и модели компьютерного проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей, *Вестник ПГУ, Серия В. Промышленность. Прикладные науки*, 2010, № 3, С. 68–75.
7. Попок, Н. Н. (2011), Система автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей на станкостроительных предприятиях Витебской области, *Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки*, 2011, № 11, С. 2–11.

REFERENCES

1. Petrov, P. S. (2017), Visual database of parametric elements of universal prefabricated devices. [Vizual'naja baza dannyh parametricheskikh jelementov universal'no-sbornyh prispособlenij], *Vestnik MGTU STANKIN – Vestnik of MSTU STANKIN*, 2017, № 2, pp. 30–31.
2. Serkov, E. A. (2010), Automation of the design process of group machine tools [Avtomatizacija processa proektirovanija gruppovyh stanochnyh prispособlenij], *Priborostroenie – Instrumentation*, 2010, № 8, p. 56.
3. Belov, E. V. (2019), Development of CAD USP [Razrabotka SAPR USP] *Abstracts of the 52nd International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students*, Vitebsk, 2019, p. 254.
4. Juzhno-ural'skij zavod universal'no-sbornyh prispособlenij i tehnologicheskoy osnastki / Universal'no-sbornye prispособlenija (USP) [South Ural plant of universal prefabricated fixtures and technological equipment / Universal prefabricated fixtures (USP)], (2020), available at: // www.uspto.ru/ (accessed 10 March 2020).
5. Makharinsky, E. I. (2008), Basing theory in the problem of designing technological processes of machining and machine tools [Teorija bazirovanija v probleme proektirovanija tehnologicheskikh processov mehanicheskoy obrabotki i stanochnyh prispособlenij], *Vestnik mashinostroenija – Bulletin of mechanical engineering*, 2008, № 9, pp. 34–45.
6. Popok, N. N. (2010), Methods and models of computer-aided design of technological processes for manufacturing body parts [Metody i modeli komp'yuternogo proektirovanija tehnologicheskikh processov izgotovlenija korpusnyh detalej], *Vestnik PGU. Serija V. Promyshlennost'. Prikladnye nauki – Vestnik PGU. Series B. Industry. Applied Sciences*, 2010, № 3, pp. 68–75.

7. Popok, N. N. (2011), The system of computer-aided design of technological processes for manufacturing body parts at machine-tool enterprises of the Vitebsk region [Sistema avtomatizirovannogo proektirovanija tehnologicheskikh processov izgotovlenija korpusnyh detalej na stankostroitel'nyh predpriyatijah Vitebskoj oblasti], *Vestnik PGU. Serija V. Promyshlennost'. Prikladnye nauki – Vestnik PGU. Series B. Industry. Applied Sciences*, 2011, № 11, pp. 2–11.

Статья поступила в редакцию 18. 05. 2020 г.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАДЕНИЯ УСИЛИЙ ПО ОСНОВЕ И УТКУ ПОЛУШЕРСТЯНЫХ КАМВОЛЬНЫХ ТКАНЕЙ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМОФИКСАЦИИ

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS FOR PREDICTING STRESS DECREASE ALONG THE WARP AND WEFT OF HALF-WOOLEN WORSTED FABRICS IN THE PROCESS OF THERMAL FIXATION

УДК 677.027:303.725.35

Т.А. Гапонова^{1*}, В.В. Садовский¹, Л.О. Братченя²

¹ Белорусский государственный экономический университет

² ОАО «Камволь»

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13903>

T. Haponava^{1*}, V. Sadovskiy¹, L. Bratchenia²

¹ Belarus State Economic University

² OJSC "Kamvol"

РЕФЕРАТ

КАМВОЛЬНАЯ ТКАНЬ, ТЕРМОФИКСАЦИЯ, ДВУХ-ОСНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ, РЕЛАКСАЦИЯ УСИЛИЙ

Статья посвящена исследованию изменения усилий (напряжений) по основе и утку полушерстяных камвольных тканей различного волокнистого состава, возникших при их двухосной деформации, после воздействия сухого горячего воздуха в течение определенного времени. Для проведения данного исследования был применен центральный композиционный ортогональный план, позволяющий построить уравнение регрессии второго порядка для трех факторов. По результатам исследования были получены математические модели, позволяющие прогнозировать падение усилия по основе и утку тканей при их деформации по основе и утку и времени воздействия горячего воздуха, построены графики зависимости падения усилий по основе и утку от времени воздействия горячего воздуха при постоянных величинах деформаций по основе и утку, а также двумерные сечения падения усилия по основе и утку от величин деформации в обоих направлениях при постоянном времени воздействия температуры. Было выявлено, что на величину падения усилия по основе и по утку будут оказывать влияние состав, поверхностная плотность, плотность ткани по основе и утку, линейная плотность нитей основы и утка, а также величины деформации ткани по основе и

ABSTRACT

WORSTED FABRIC, THERMAL FIXATION, BIAXIAL TENSION, TENSION RECOVERY

The article discusses the research of the stress decrease along the warp and weft of half-woolen worsted fabrics by biaxial tension and exposure to hot air for a certain time. Based on the results of the research, mathematical models were constructed that enabled to predict a change in the stress during its relaxation after biaxial deformation during thermal fixation. It was revealed that the structural characteristics of the fabric, its composition, the amount of deformation and the duration of exposure to hot air influence the magnitude of the stress decrease. It was established that the maximum value of the stress arising in the process of stretching is observed at the greatest deformation, and the maximum stress decrease occurs when exposed to temperature for 220-300 seconds, depending on the amount of deformation and the type of fabric.

* E-mail: tanushkin93@gmail.com (Т. Гапонова)

утку и время воздействия горячего воздуха. Результаты исследования позволяют определить оптимальные условия проведения процесса термофиксации.

Важной частью отделки камвольных тканей является процесс термофиксации, целью которого является придание ткани фиксированных размеров по ширине, а также снятие внутренних напряжений в ее структуре. Для достижения этого ткань подвергается одновременной деформации на заданные величины по основе и утку и воздействию горячего воздуха в течение определенного времени. Указанные параметры можно регулировать, добиваясь максимального падения усилия (напряжения), возникающего в ткани при ее деформировании и тем самым находить оптимальные условия проведения процесса термофиксации.

Существует ряд работ, касающихся исследования деформационных свойств текстильных материалов, в том числе и камвольных тканей, различных по составу [1–3]. Однако исследований деформационных процессов камвольных тканей, содержащих в своем составе шерстяные волокна и полиэстер в различных сочетаниях, а также лайкру, при различных вариантах двусного растяжения и воздействия температуры, не проводились. В связи с этим целью данной ра-

боты была оценка и прогнозирование влияния деформационных и температурных воздействий на падение усилий по основе и утку указанных камвольных тканей. Для достижения данной цели была поставлена задача разработать математические модели, позволяющие оценить и спрогнозировать падение усилий по основе и утку камвольных тканей, состоящих из шерстяных волокон, полиэстера и лайкры в различном сочетании при их двухосной деформации и воздействии горячего воздуха.

Для изучения влияния величины деформации по основе и по утку, и времени воздействия горячего воздуха на падение усилий по основе и по утку было проведено исследование, которому подвергались камвольные ткани, характеристики которых представлены в таблице 1.

Перед экспериментом образцы тканей заваривались по методике, соответствующей производственной, высушивались и выдерживались в эксикаторе в течение 24 часов. Затем смачивались умягчающей и антистатической пропиткой, приготовленной по рецептуре, используемой на производстве: Гидроперм RSHA 30 грамм на 1

Таблица 1 – Характеристики исследуемых тканей

№ образца ткани	Переплетение	Состав ткани	Поверхностная плотность, г/м ²	Количество нитей на 10 см ткани		Состав нитей		Линейная плотность нитей, текс		Крутка, кр/м	
				основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
1	Саржа 2/1	Ш – 66 %, ПЭ – 34 %	280	310	238	Ш – 70 %, ПЭ – 30 %	Ш – 70 %, ПЭ – 30 %	50	50	550	550
2	Саржа 2/2	Ш – 27 %, ПЭ – 73 %	211	280	226	Ш – 30 %, ПЭ – 70 %	Ш – 30 %, ПЭ – 70 %	42	42	672	672
3	Саржа 2/1	Ш – 43 %, ПЭ – 55 %, Л – 2 %	210	313	194	Ш – 50 %, ПЭ – 50 %	Ш – 48,1 %, ПЭ – 48,1 %, Л – 3,8 %	38	42,4	650	646

Примечание: Ш – шерсть, ПЭ – полиэстер, Л – лайкра.

литр воды смешанный с 30 % раствором уксусной кислоты в количестве 2 грамма на 1 литр воды. Эксперимент проводился на установке, позволяющей создавать различные варианты двухосной плоскостной деформации ткани, в том числе при воздействии температуры [4].

В качестве факторов воздействия были взяты: величина деформации по основе (x_1), величина деформации по утку (x_2) и время воздействия сухого воздуха при температуре 180 °C (x_3).

Исследование проводилось на разработанной авторами установке, позволяющей создавать различные варианты двухосной плоскостной деформации ткани, в том числе при воздействии температуры, и при этом измерять усилия при деформировании, падение усилия после деформирования, воздухопроницаемость и пористость ткани при различных вариантах деформирования. Испытанию подвергались образцы тканей размером 100 x 100 мм.

Параметрами выхода были: Y_1 – падение усилия по основе (%), Y_2 – падение усилия по утку (%), которые определялись следующим образом:

$$Y_{1,2} = \frac{P_0 - P}{P_0} \times 100 \%, \quad (1)$$

где P_0 – усилие, необходимое для растяжения ткани по основе (утку) на определенную величину деформации, H ; P – усилие по основе (утку), зарегистрированное после воздействия сухого горячего воздуха в течение заданного времени, H .

Параметры выхода Y_1 и Y_2 помогают установить, при какой длительности воздействия высокой температуры возникшее при деформировании ткани усилие максимально падает после

прекращения деформирования.

Для проведения эксперимента использовался центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП), позволяющий построить уравнение регрессии второго порядка для трех факторов.

Уровни варьирования факторов представлены в таблице 2, план эксперимента – в таблице 3.

Для того чтобы матрица планирования обладала свойством ортогональности, были введены столбцы с скорректированными значениями уровня x' , которые вычислялись по формуле:

$$(x'_i)^2 = x_i^2 - \frac{\sum x_i^2}{N}, \quad (2)$$

где N – количество опытов, равное 1.

Матрица для расчета коэффициентов уравнения представлена в таблице 4, в которой столбцы 2–11 представляют собой ортогональную матрицу планирования, столбцы 6–8 рассчитываются по формуле (2). Столбец 2 вводится для придания матрице ортогональности.

Величины падения усилия по основе Y_1 и падения усилия по утку Y_2 в процессе релаксации тканей, полученные после проведения соответствующего номера опыта в плане эксперимента (таблица 3) представлены в таблице 5. Опыт № 15 (центральная точка плана эксперимента) для определения ошибки воспроизводимости эксперимента повторялся трижды.

Коэффициенты уравнений регрессии рассчитывались в соответствии с данными таблиц 4 и 5 по известным формулам [5]. После проверки их значимости были получены и проверены на адекватность математические модели падения усилия по основе (Y_1) и падения усилия по утку

Таблица 2 – Уровни варьирования факторов

Факторы	Код x_i	Уровни факторов					Интервал варьирования факторов
		-1,215	-1	0	+1	+1,215	
Деформация ткани по основе, %	x_1	1,4	1,9	4,4	6,9	7,3	2,5
Деформация ткани по утку, %	x_2	1,4	1,9	4,4	6,9	7,3	2,5
Время воздействия воздуха при температуре 180 °C, с	x_3	59	80	180	280	302	100

Таблица 3 – План трехфакторного эксперимента

№ опыта	Натуральные значения факторов			Кодированные значения факторов		
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
1	1,9	1,9	80	-1	-1	-1
2	6,9	1,9	80	+1	-1	-1
3	1,9	6,9	80	-1	+1	-1
4	6,9	6,9	80	+1	+1	-1
5	1,9	1,9	280	-1	-1	+1
6	6,9	1,9	280	+1	-1	+1
7	1,9	6,9	280	-1	+1	+1
8	6,9	6,9	280	+1	+1	+1
9	1,4	4,4	180	-1,215	0	0
10	7,3	4,4	180	+1,215	0	0
11	4,4	1,4	180	0	-1,215	0
12	4,4	7,3	180	0	+1,215	0
13	4,4	4,4	59	0	0	-1,215
14	4,4	4,4	302	0	0	+1,215
15	4,4	4,4	180	0	0	0

Таблица 4 – Матрица для расчетов коэффициентов уравнения регрессии для трехфакторного эксперимента

№ опыта	Матрица эксперимента									
	x_0	x_1	x_2	x_3	$(x_1')^2$	$(x_2')^2$	$(x_3')^2$	$x_1 \cdot x_2$	$x_1 \cdot x_3$	$x_2 \cdot x_3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	+1	-1	-1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	+1	+1	+1
2	+1	+1	-1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	-1	-1	+1
3	+1	-1	+1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	+1	-1	-1
5	+1	-1	-1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	+1	-1	-1
6	+1	+1	-1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	-1	+1	-1
7	+1	-1	+1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	-1	-1	+1
8	+1	+1	+1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	+1	+1	+1
9	+1	-1,215	0	0	+0,74	-0,73	-0,73	0	0	0
10	+1	+1,215	0	0	+0,74	-0,73	-0,73	0	0	0
11	+1	0	-1,215	0	-0,73	+0,74	-0,73	0	0	0
12	+1	0	+1,215	0	-0,73	+0,74	-0,73	0	0	0
13	+1	0	0	-1,215	-0,73	-0,73	+0,74	0	0	0
14	+1	0	0	+1,215	-0,73	-0,73	+0,74	0	0	0
15	+1	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73	0	0	0

Таблица 5 – Результаты измерения падения усилия по основе (Y_1) и усилия по утку (Y_2) тканей в процессе каждого опыта плана эксперимента

№ опыта	Номера образцов тканей					
	1		2		3	
	Y_1 , %	Y_2 , %	Y_1 , %	Y_2 , %	Y_1 , %	Y_2 , %
1	34,6	45,6	31,0	43,5	11,0	8,7
2	49,1	50,7	38,9	48,3	30,0	14,0
3	54,4	63,2	45,6	52,9	31,6	18,0
4	84,0	85,8	74,5	80,8	71,0	40,6
5	69,0	77,4	60,0	77,0	49,7	37,0
6	72,8	77,5	62,5	75,1	55,5	43,0
7	83,0	84,7	71,7	80,0	71,0	44,7
8	94,0	94,4	87,0	85,3	88,0	63,0
9	62,1	71,8	52,3	71,3	38,4	30,0
10	79,3	83,2	70,1	79,8	65,6	45,7
11	59,9	68,5	48,4	67,0	32,4	25,5
12	88,5	90,0	79,0	83,6	73,0	49,0
13	39,1	47,4	32,5	45,4	23,0	12,2
14	74,5	79,8	65,7	74,9	62,0	45,1
15	64,0	75,3	57,4	73,0	45,5	37,4

(Y_2) исследуемых тканей, которые представлены, соответственно, в таблицах 6 и 7.

Анализируя полученные модели, можно отметить, что модель для ткани 3 отличается от моделей для тканей 1 и 2 отсутствием парного воздействия x_1x_3 , в связи с его низкой значимостью. Вероятней всего, это связано с присутствием в утке ткани 3 лайкры, что повлияло на усилие, вызванное деформированием ткани, и в связи с этим на характер его падения в процессе релаксации.

Используя полученные модели, были построены графики зависимости падения усилий по основе и утку от времени воздействия горячего воздуха (x_3) при постоянных величинах деформаций по основе (x_1) и утку (x_2), которые представлены на рисунках 1 и 2.

Из графиков на рисунках 1 и 2 видно, что величины падения усилий по основе и утку в процессе релаксации после всех вариантов деформирования увеличиваются с увеличением времени воздействия горячего воздуха. При этом у тканей, не содержащих лайкры (1 и 2), они достигают максимальных значений по осно-

ве и утку при воздействии горячего воздуха в течение 220 секунд (при деформировании на 6,9 %) и 260 секунд (при деформировании на 1,9 и 4,4 %). При более длительном воздействии горячего воздуха падение усилий начинает заметно снижаться. Возможно это связано с сжатием (усадкой) тканей из-за длительного воздействия горячего воздуха. У ткани, содержащей лайкру (3), при деформировании на 6,9 % максимум падения усилий по основе и утку достигается за 300 с воздействия горячего воздуха.

Для прогнозирования падения усилий по основе и утку в процессе релаксации тканей при одновременном изменении двух факторов воздействия по полученным моделям построены двумерные сечения. В качестве переменных были взяты величины деформирования по основе (x_1) и по утку (x_2), а время воздействия температуры (x_3) было постоянным, равным 220 с.

С учетом этого, математические модели, представленные в таблицах 6 и 7, были пересчитаны и в программе Wolfram Alpha Mathematica 11.3 построены двумерные сечения поверхностей отклика для всех исследуемых тканей

Таблица 6 – Математические модели падения усилия по основе (Y_1) в процессе релаксации ткани

№ образца ткани	Уравнение регрессии
1	$Y_1 = 66,0 + 7,3x_1 + 11,4x_2 + 12,8x_3 + 2,9x_1^2 + 5,3x_2^2 - 6,5x_3^2 + 2,8x_1x_2 - 3,7x_1x_3 - 2,4x_2x_3$
2	$Y_1 = 57,5 + 7,0x_1 + 11,3x_2 + 12,0x_3 + 2,6x_1^2 + 4,3x_2^2 - 5,6x_3^2 + 4,2x_1x_2 - 2,4x_1x_3 - 1,8x_2x_3$
3	$Y_1 = 46,7 + 10,4x_1 + 15,1x_2 + 15,4x_3 + 3,4x_1^2 + 3,9x_2^2 - 3,0x_3^2 + 4,0x_1x_2 - 4,5x_1x_3 - 1,0x_2x_3$

Таблица 7 – Математические модели падения усилия по утку (Y_2) в процессе релаксации ткани

№ образца ткани	Уравнение регрессии
1	$Y_2 = 75,2 + 4,7x_1 + 9,4x_2 + 11,7x_3 + 1,7x_1^2 + 2,9x_2^2 - 7,7x_3^2 + 3,4x_1x_2 - 2,2x_1x_3 - 3,6x_2x_3$
2	$Y_2 = 73,2 + 4,2x_1 + 6,9x_2 + 11,7x_3 + 1,7x_1^2 + 1,5x_2^2 - 8,7x_3^2 + 3,8x_1x_2 - 3,7x_1x_3 - 3,6x_2x_3$
3	$Y_2 = 36,5 + 6,5x_1 + 8,4x_2 + 13,4x_3 + 1,2x_1^2 + 0,8x_2^2 - 5,0x_3^2 + 3,7x_1x_2 - 1,0x_2x_3$

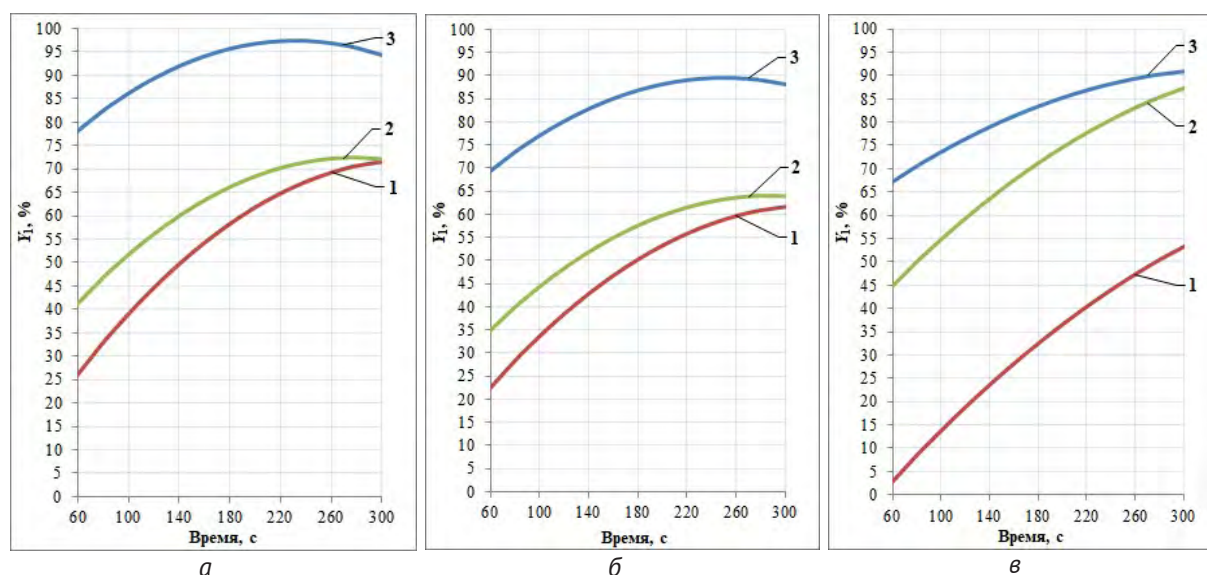


Рисунок 1 – Графики зависимости падения усилия по основе (Y_1) тканей 1 (а), 2 (б), 3 (в) в процессе релаксации от времени воздействия горячего воздуха при различных величинах деформирования: 1 – $x_1 = x_2 = 1,9\%$; 2 – $x_1 = x_2 = 4,4\%$; 3 – $x_1 = x_2 = 6,9\%$

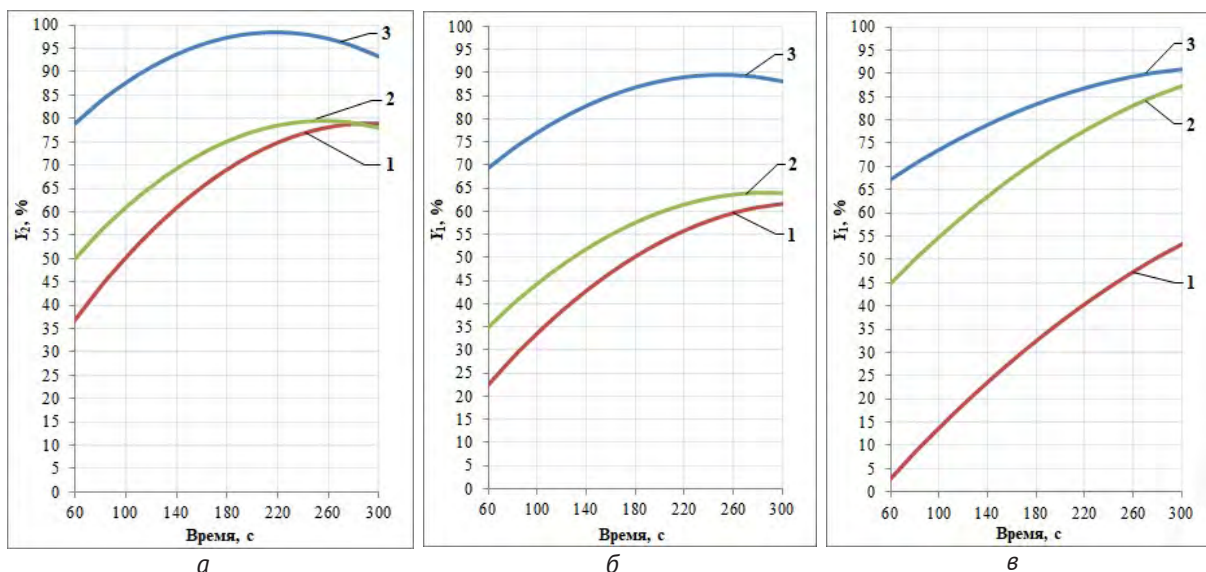


Рисунок 2 – Графики зависимости падения усилия по утку (Y_2) тканей 1 (а), 2 (б), 3 (в) в процессе релаксации от времени воздействия горячего воздуха при различных величинах деформирования: 1 – $x_1 = x_2 = 1,9\%$; 2 – $x_1 = x_2 = 4,4\%$; 3 – $x_1 = x_2 = 6,9\%$

(рисунки 3–5).

Из сравнения двумерных сечений для разных тканей видно, что величины падения усилий по основе и утку в процессе релаксации тканей зависят не только от величин деформирования в данных направлениях, но также от линейной плотности нитей основы и утка и толщины (линейной плотности) этих нитей, которые в совокупности определяют величину усилия, необходимого для деформирования тканей на заданную величину. Естественное, что чем больше величина усилия деформирования, тем больше и величина его падения при релаксации.

Ткань 1 получена из нитей самой высокой линейной плотности в основе и утке (50 *текс*) и имеет самые высокие плотности по основе и утку (соответственно 310 и 238 *нитей/10 см*). Поэтому величина падения усилий по основе и утку у нее максимальная (до 95–97,5 %) среди исследуемых тканей (рисунок 3 а, б).

У ткани 2 линейная плотность нитей в основе и утке ниже, чем у ткани 1 (42 *текс*), также ниже и плотности по основе и утку (280 и 226 *нитей/10 см*), вследствие этого величина падения усилий по основе и утку у нее меньше, соответственно, 85 и 90 % (рисунок 4 а, б).

Ткань 3 в основе имеет нить с самой низкой линейной плотностью (38 *текс*), а в утке нить с лайкрой (42,4 *текс*). Наличие лайкры в утке при двухосном деформировании требует меньшего усилия не только по утку, но и по основе, а, следовательно, величина падения усилия при релаксации ткани также будет меньше. Поэтому при практически равных плотностях нитей по основе у тканей 1 и 3 (соответственно 310 и 313 *нитей/10 см*), величины падения усилия при релаксации у них разные, соответственно, 95 и 85 % (рисунок 5 а). Плотность по утку ткани 3 самая низкая (194 *нити/10 см*), а также наличие лайкры являются причинами самого низкого падения усилия (до 60 %) при релаксации ткани (рисунок 5 б).

Проведенное исследование показало, что максимальные величины падения усилия в процессе релаксации тканей достигаются при воздействии высокой температуры в течение 220 секунд и при деформировании их на максимальные величины. При этом величины падения усилий по основе и утку тканей, не содержащих лайкры (1 и 2), близкие, а у ткани с лайкрой (3) они разные: по утку значительно меньше, чем по основе.

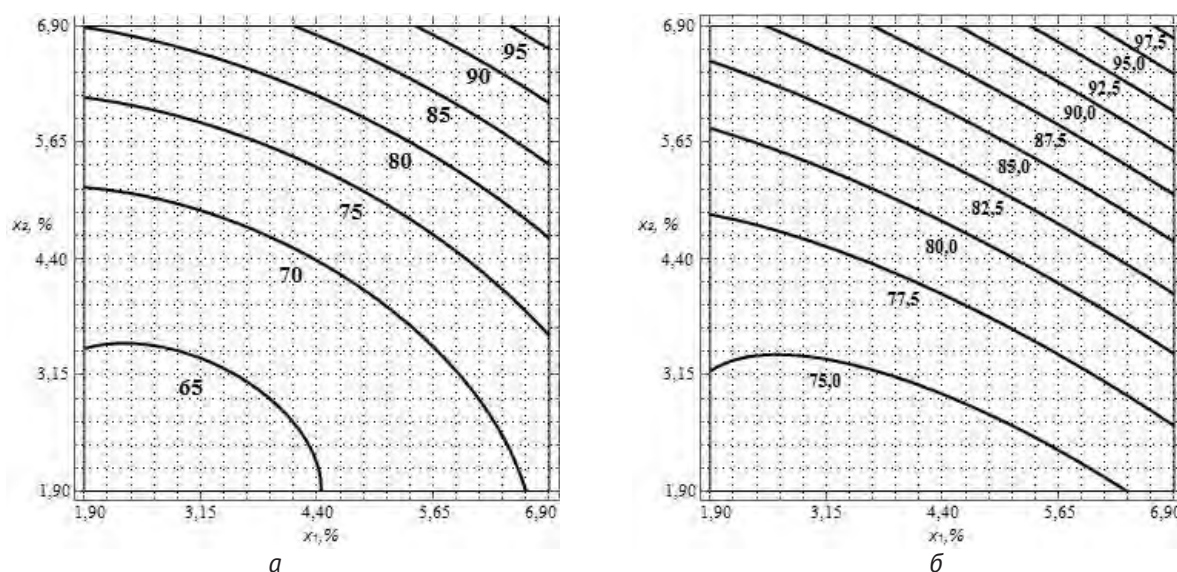


Рисунок 3 – Двумерные сечения поверхности отклика модели падения усилия по основе (а) и утку (б) в процессе релаксации ткани 1

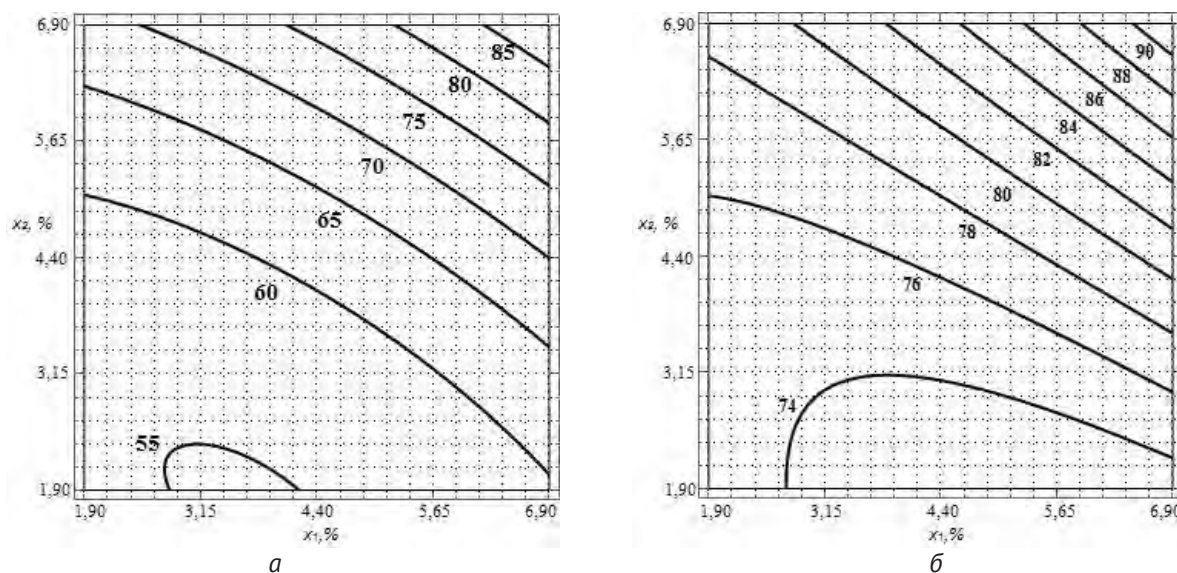


Рисунок 4 – Двумерные сечения поверхности отклика модели падения усилия по основе (а) и утку (б) в процессе релаксации ткани 2

ВЫВОДЫ

1. Разработаны математические модели и построены двумерные сечения поверхности отклика для оценки и прогнозирования падения усилий по основе и утку полушерстяных кам-

вольных тканей с различным содержанием шерсти и полиэстера, а также лайкры, после двухосного деформирования на различные величины и воздействия горячего воздуха в течение определенных промежутков времени.

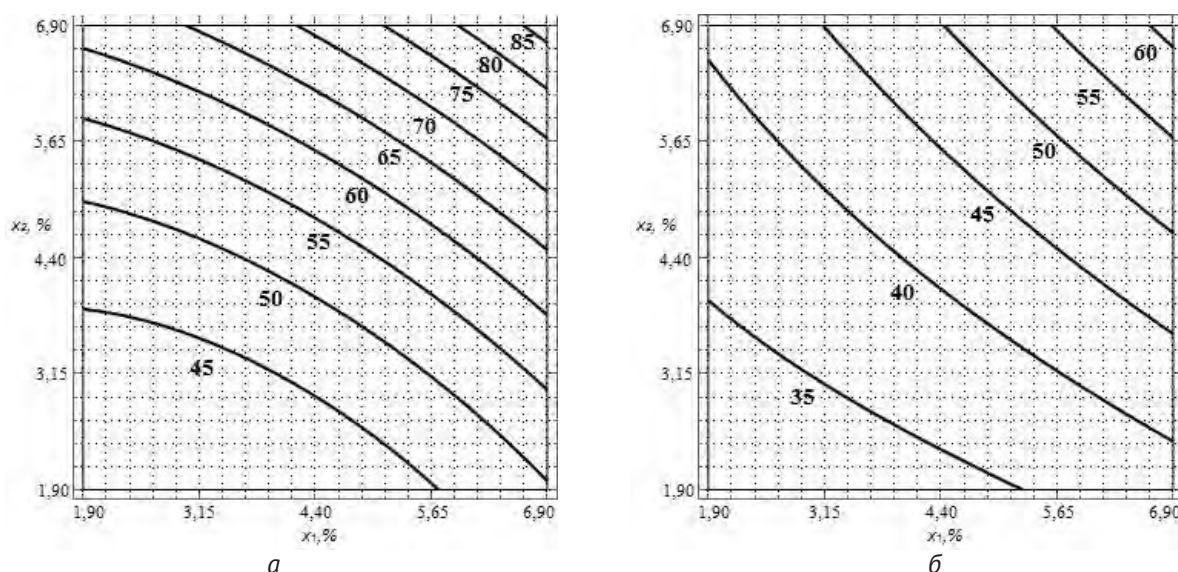


Рисунок 5 – Двумерные сечения поверхности отклика модели падения усилия по основе (а) и утку (б) в процессе релаксации ткани 3

2. Выявлено, что величины падения усилий по основе и утку камвольных тканей зависят от их структурных характеристик: волокнистого состава, плотности тканей по основе и утку, линейной плотности нитей основы и утка, причем у ткани с содержанием лайкры в утке величина падения усилия во время релаксации ткани наименьшая.

3. Определено оптимальное время воздействия горячего воздуха, при котором усилие по основе и утку максимально падает и замедляется, либо прекращается, что говорит об окончании релаксационного процесса в тканях.

4. Установлено, что при максимальных величинах деформирования ткани по основе и утку величины падения усилия соответственно при релаксации будут максимальны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Денежкина, О. А., Иванцова, Т. М. (2005), Исследование термомеханических свойств шерстяных тканей с вложением нитей полиуретана, *Известия ВУЗов. Технология текстильной про-*

REFERENCES

1. Denezhkina, O. A., Ivancova, T. M. (2005), Research of thermomechanical properties of wool fabrics with the introduction of polyurethane threads [Issledovanie termomechanicheskikh svoystv sherstjanyh tkanej s vlozheniem nitej poliu-

- мышленности, 2005, № 5 (286), С. 10–12.
2. Лисиенкова, Л. Н., Кирсанова, Е. А. (2010), Анализ деформационного состояния материалов для одежды в условиях пространственного растяжения, *Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности*, 2010, № 2 (323), С. 29–30.
3. Юферова, Л. В. (2002), Исследование формовочных способностей текстильных материалов, *Сборник материалов международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности»*, Иваново: ИГТА, 2002.
4. Гапонова, Т. А., Садовский, В. В., Братченя, Л. О. (2020), Исследование релаксации усилий в полшерстяных камвольных тканях при двухосном растяжении, Минск, *Вестник БГЭУ*, 2020, № 3, С. 47–56.
5. Гайдарин, А. Н., Ефремова, С. А. (2008), *Использование метода композиционного планирования эксперимента для описания технологических процессов. Методические указания*, Волгоград, 16 с.
- retana], *Izvestija VUZov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Izvestiya Vuzov. Textile industry technology*, 2005, № 5 (286), pp. 10–12.
2. Lisienkova, L. N., Kirsanova, E. A. (2010), Analysis of the deformation state of clothing materials under conditions of spatial stretching [Analiz deformacionnogo sostojanija materialov dlja odezhdy v uslovijah prostranstvennogo rastjazhenija], *Izvestija VUZov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Izvestiya Vuzov. Textile industry technology*, 2010, № 2 (323), pp. 29–30.
3. Juferova, L. V. (2002), Research of molding abilities of textile materials [Issledovanie formovochnyh sposobnostej tekstil'nyh materialov], *Collection of materials of the international scientific and technical conference "Modern high technologies and promising materials of the textile and light industry"*, Ivanovo: IGTA, 2002.
4. Gaponova, T. A., Sadovskiy, V. V., Bratchenya, L. O. (2020), Research of stress relaxation in half-woolen worsted fabrics under biaxial tension [Issledovaniye relaksatsii usilij v polusherstyanykh kamvol'nykh tkanyakh pri dvukhosnom rastyazhenii], Minsk, *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta – Vestnik of the Belarusian State Economic University*, 2020, № 3, pp. 47–56.
5. Gaydarin, A. N., Yefremova, S. A. (2008), *Ispol'zovaniye metoda kompozitsionnogo planirovaniya eksperimenta dlya opisaniya tekhnologicheskikh protsessov. Metodicheskiye ukazaniya* [Using the method of compositional planning of an experiment to describe technological processes. Guidelines], Volgograd, 16 p.

Статья поступила в редакцию 02. 09. 2020 г.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖАККАРДОВЫХ ПОЛЫХ ТКАНЕЙ И ТКАНЕЙ ДВОЙНОЙ ШИРИНЫ ПОЛУТОРАСЛОЙНОГО СТРОЕНИЯ

TECHNOLOGY OF PRODUCING JACQUARD HOLLOW FABRICS AND FABRICS OF DOUBLE-WIDTH ONE-AND-A-HALF-LAYERED STRUCTURE

УДК 677.024.324.22

Г.В. Казарновская*, Ю.Н. Пархимович

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13904>

G. Kazarnovskaya*, Yu. Parhimovich

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ТЕХНОЛОГИЯ, ПОЛАЯ ТКАНЬ, ДВОЙНАЯ ШИРИНА, ПОЛУТОРАСЛОЙНОЕ СТРОЕНИЕ, ЖАККАРД, МОДЕЛЬНЫЕ ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ

Работа посвящена разработке технологии изготовления жаккардовых текстильных изделий сложных структур на шестичелночном ткацком станке: полых тканей и двойной ширины с использованием в полотнах полутораслойных переплетений с дополнительным утком. Исследована последовательность прокладывания челноков, позволившая обеспечить соединение верхнего и нижнего полотен в двух краях полотен для полых тканей и в одном крае для тканей двойной ширины.

Спроектированные на базе структуры служских поясов и в соответствии с требованиями производства тканей позволяют расширить ассортимент сувенирной текстильной продукции, производимой на ткацком станке фирмы Mageba (Германия) на РУП «Служские пояса».

ABSTRACT

TECHNOLOGY, HOLLOW FABRIC, DOUBLE-WIDTH, ONE-AND-A-HALF-LAYERED STRUCTURE, JACQUARD, MODEL WEAVING

The work is devoted to the development of a technology for the manufacture of jacquard textiles of complex structures on a six-shuttle loom: hollow fabrics and double-width fabrics using a one-and-a-half-layer weave with an additional weft.

The sequence of the shuttles was investigated, which ensures the connection of the upper and lower fabrics at the two edges of the fabric with hollow structure and in one edge of the double-width fabric.

The fabrics, which are designed on the basis of the structure of Slutsk belts and in accordance with the production requirements, make it possible to expand the range of souvenir textile products produced on a Mageba loom (Germany) at Slutsk Belts company.

На РУП «Служские пояса» установлен уникальный ткацкий станок с двухсторонней сменой челночных коробок, наличие которого позволяет расширить ассортимент национальной сувенирной продукции, производимой на предприятии, за счет изготовления жаккардовых изделий сложных структур. Технологические возможности станка высоки, оборудование позволяет набирать многоцветные ткани сложного строения, различного сырьевого состава и назначения, с авторским художественным оформлением. Однако станок имеет ограничения

заправки по ширине – 50 см, это связано с тем, что оборудование проектировалось по специальному техническому заданию для изготовления уникальных текстильных изделий музейного образца – копий исторических служских поясов. На предприятии запущена в производство коллекция шарфов на основе структуры ткани служского пояса, то есть уточного гобелена.

В настоящее время текстильная отрасль легкой промышленности оснащена ткацким оборудованием, имеющим заправочную ширину до нескольких метров [1]. В связи с этим нецелесо-

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

образно увеличивать ширину вырабатываемых тканей по сравнению с заправочной шириной станка, тем более использовать мешковые структуры в чистом виде. Последние, однако, широко используются в жаккардовом и ремизном ткачестве для создания двухслойных тканей с соединением слоев нитями самих слоев перемещением их по контуру заданного узора [2]. Для ткацкого станка, который будет использован для разрабатываемого ассортимента, создание тканей полых и двойной ширины является актуальным, поскольку позволяет расширить его технические возможности за счет внедрения тканей новых структур: полых и двойной ширины.

Ткани полые и двойной ширины известны как ремизные. Полые или мешковые применяются, в основном, как технические (пожарные рукава, транспортерные ленты и так далее), медицинские, в жаккардовом ткачестве такие структуры не использовались. Полые ткани и двойной ширины схожи по своему строению, они состоят из двух полотен, но в полых жаккардовых тканях соединение верхнего и нижнего полотен осуществляется в обоих краях, в тканях двойной ширины – в одном крае. В жаккардовых тканях обоих видов на внешней и внутренней сторонах возможно воспроизвести как один и тот же рисунок, так и различные рисунки, это позволяет расширить области их применения. Более того ткань двойной ширины превышает заправочную ширину станка, что способствует расширению не только технических возможностей ткацкого станка, но и ассортимента вырабатываемой продукции. В строении разрабатываемых тканей принимают участие две системы основных и уточных нитей, образующие верхнее и нижнее полотна, соотношение между нитями в полотнах 1:1, каждое из полотен имеет структуру полутораслойной ткани с дополнительным утком, использование которой в проектируемых тканях не известно.

Цель данной работы – разработать технологию изготовления сувенирных жаккардовых тканей сложного строения с применением в полотнах полутораслойных переплетений с дополнительным утком.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- разработана последовательность прокла-

дывания челноков, обеспечивающая соединение верхнего и нижнего полотен в полых тканях и двойной ширины;

- разработаны модельные переплетения для изготовления тканей в материале с учетом последовательности движения челноков;

- выявлены наиболее оптимальные варианты чередования утков, с помощью которых обеспечено соединение полотен для полых тканей в обоих краях, для ткани двойной ширины – в одном из краев;

- наработаны опытные образцы спроектированных тканей, позволяющие расширить ассортимент сувенирных изделий новых структур по мотивам службных поясов.

Поскольку в работе для создания текстильной сувенирной продукции нового вида в полотнах полых и тканей двойной ширины впервые предложено использовать полутораслойное переплетение с дополнительным утком и крупноузорчатым рисунком, особого внимания заслуживает исследование и нахождение рациональной последовательности прокладывания утков в полотнах. Это оказывает существенное влияние на внешний вид ткани в местах соединения полотен: в отдельных случаях увеличивается жесткость ткани и наблюдается сбой рисунка. Поэтому рассмотрены возможные варианты чередования утков в полотнах полых тканей и двойной ширины.

Для разрабатываемого ассортимента сувенирной продукции в работе на станке находятся два челнока, каждый из которых прокладывает уток определенного цвета, эти утки условно названы белым и черным. Один из утков формирует жаккардовый рисунок на одной из сторон полотен, второй – на другой стороне, то есть каждый из них прокладывается поочередно в верхнем и нижнем полотнах, но белый уток, переплетаясь с основой верхнего полотна и с основой нижнего, образует узор на внешних сторонах полотен, черный – на внутренних. Так как ткань в полотнах имеет переплетение с дополнительным утком, в каждом из них предложено использовать переплетения с преобладанием уточных перекрытий: сатины, уточные саржи. В работе модельные переплетения построены с применением четырехнитного сатина, поэтому, исходя из раппорта сатина и соотношения между нитями

в полотнах, раппорт модельных переплетений для всех рассматриваемых вариантов последовательности прокладывания утков равны: по основе $R_{мпо} = 8$; по утку $R_{мпу} = 16$. В отличие от известных заправок для выработки полых или мешковых тканей, имеющих в полотнах однослойное строение, где в краях ткани предусмотрены шнуры для удержания полотен в натянутом состоянии [3], в проектируемых тканях шнуры отсутствуют. Взамен шнуров предложено использовать в краях по две кромочные нити в каждом из полотен, которые переплетаются с утком репсом основным 2/2, это же переплетение используется в обводке рисунка. Нити основы и утка, прокладываемые в верхнем полотне, обозначены на модельных переплетениях арабскими цифрами, нижнего полотна – римскими, переплетения строились в автоматизированном режиме [4].

В том случае, если раппорт используемого переплетения не равен или не кратен чередованию утков, которое для полых тканей может быть: 2 белых, 2 черных; 4 белых, 4 черных, для тканей двойной ширины: 4 белых, 4 черных, раппорт переплетений по утку в каждом полотне необходимо согласовывать с этим чередованием: должно быть число кратное раппорту используемого переплетения и чередованию утков.

Далее приведены варианты чередования утков при соединении полотен в правом и левом краях ткани, или в одном из них.

Вариант 1: 2 белые нити (верхняя, нижняя), 2 черные нити (верхняя, нижняя) и так далее. Челноки в полотнах движутся поочередно по замкнутому контуру: каждый из них сначала в верхнем полотне, затем в нижнем (рисунок 1 а), во всех следующих циклах порядок прокладывания утков повторяется. Модельные переплетения приведены на рисунке 1.

Точно такое соединение полотен обеспечивается, если прокладывание обоих утков начинается с нижних полотен, при этом направление движения челноков справа-налево или слева-направо не оказывает влияния на характер соединения полотен. Обязательным условием является начало движения челноков с одной стороны заправки станка. В обоих краях полотен места их соединения имеют одинаковый вид (рисунок 1 з).

Вариант 2: 2 белые нити (верхняя, нижняя), 2 черные нити (нижняя, верхняя) и так далее.

Во втором варианте, как и в первом, цикл прокладывания утков равен четырем и челноки начинают движение с одной стороны станка, отличие заключается в порядке их чередования по полотнам, то есть белые утки начинают цикл

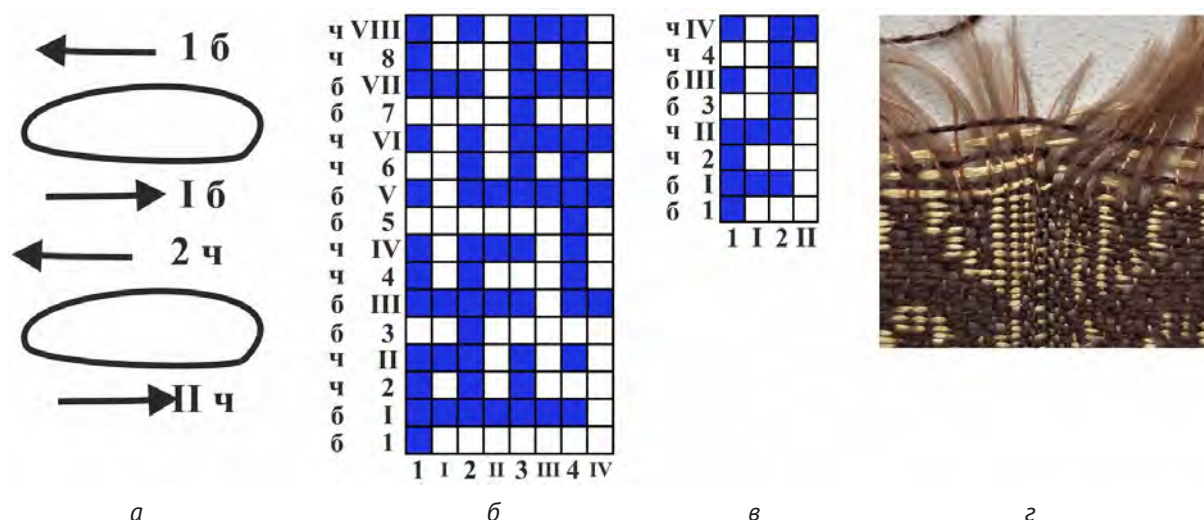


Рисунок 1 – Чередование утков № 1: б1б1ч2чII и так далее. Схема прокладывания утков (а); модельные переплетения: для рисунка (б), обводки и кромок (в); образец ткани (з)

прокладывания в верхнем полотне и заканчивают в нижнем, а затем в пределах раппорта переплетения все повторяется сначала. Черные же утки начинают прокладываться сначала в нижнем полотне, а затем в верхнем и так далее (рисунок 2 а), это отражено на модельном переплетении (рисунок 2 б). Изменен и вид переплетения, используемого в краях полотен и в обводке рисунка (рисунок 2 в).

На соединение полотен в краях такое изменение порядка в чередовании прокладывания утков по полотнам оказывает влияние по сравнению с первым вариантом.

Кроме того, что утки движутся по замкнутому контуру, они дополнительно в местах смены утков по полотнам перекрещиваются между собой, то есть белая уточина при переходе с верхнего полотна в нижнее и нижнего полотна в верхнее переплетается со второй уточной черного цвета при переходе ее с нижнего полотна в верхнее и с верхнего полотна в нижнее, что обеспечивает более прочное соединение полотен по сравнению с первым вариантом (рисунок 2 г), но в краях появляется дополнительная жесткость ткани.

Аналогичный вывод можно сделать, если бы белые утки начинали свое движение с нижнего полотна, а черные – с верхнего.

Вариант 3: 2 белые нити (верхняя, нижняя), 2 черные нити (нижняя, верхняя), 2 белые нити

(нижняя, верхняя), 2 черные нити (верхняя, нижняя) и т.д.

Цикл прокладывания утков в этом варианте равен 8, белые утки прокладываются сначала в верхнем полотне, затем – в нижнем, следующая пара белых утков прокладывается сначала в нижнем полотне, затем – в верхнем, то есть белые утки в правом крае ткани не участвуют в соединении полотен, так как переходят из полотна в полотно. С черными утками происходит аналогичная ситуация, то есть черные утки в правом крае также не участвуют в соединении полотен: сначала прокладываются в нижнем полотне, переходят в верхнее, а затем с верхнего в нижнее.

Связь полотен в правом крае происходит при смене белого и черного утков в местах смены полотен, в которых они прокладываются, то есть после прокладывания белой первой уточины в верхнем полотне и второй черной – в нижнем, а также третьей белой уточины – в верхнем полотне и четвертой черной – в нижнем полотне.

В левом же крае, кроме обозначенных связей, каждая из уточин переходит из первого верхнего полотна во второе нижнее, либо из нижнего в верхнее. Начало движения челноков должно происходить с одной стороны станка.

Вид соединения полотен в левом и правом краях различен, тем самым нарушается це-

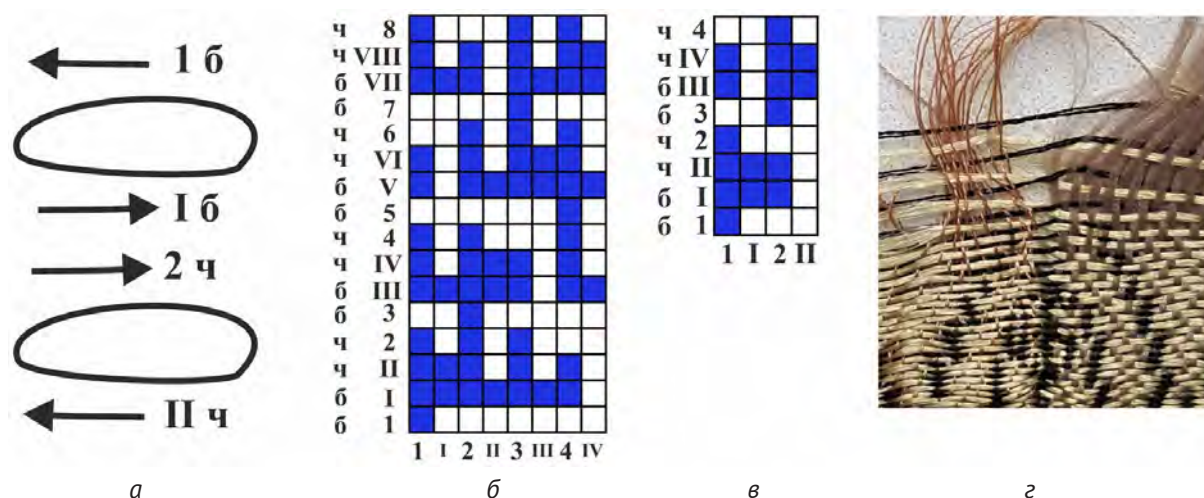


Рисунок 2 – Чередование утков № 2: б1б1ч1ч2 и так далее. Схема прокладывания утков (а); модельные переплетения: для рисунка (б), обводки и кромок (в); образец ткани (г)

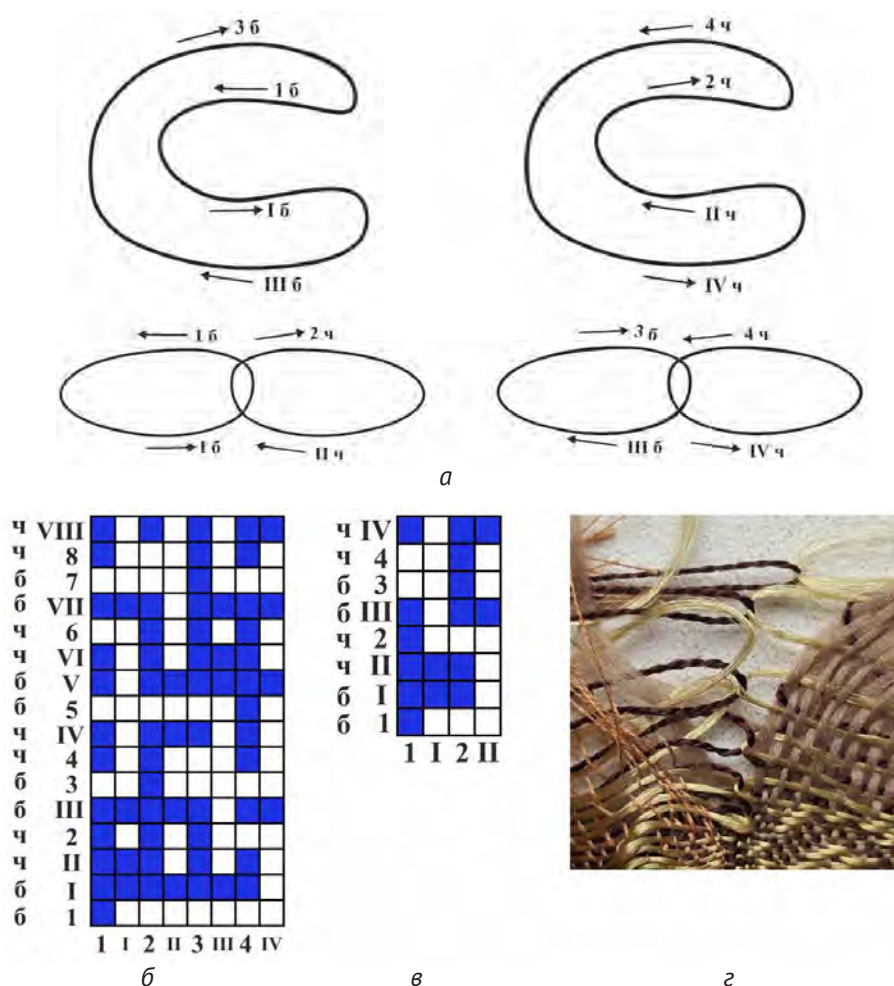


Рисунок 3 – Чередование утков № 3: б1б1ч1ч2б1б3ч4чIV и так далее. Схема прокладывания утков (а); модельные переплетения: для рисунка (б), обводки и кромки (в); образец ткани (г)

лостное восприятие ткани. На рисунке 3 показаны схемы соединения полотен (а), модельные переплетения (б, в) и ткань в местах соединения полотна (г). Аналогичное соединение в правом крае можно получить при таком же цикле в прокладывании утков, но при следующем их чередовании: 2 белые уточные нити (нижняя, верхняя), 2 черные уточные нити (верхняя, нижняя), 2 белые нити (верхняя, нижняя), 2 черные уточные нити (нижняя, верхняя).

Вариант 4: 4 белые нити (верхняя, 2 нижние, верхняя), 4 черные нити (нижняя, 2 верхние, нижняя) и так далее.

Цикл прокладывания утков равен 8: белые утки прокладываются сначала в верхнем полотне, затем два – в нижнем и опять один уток – в

верхнем. Черные утки начинают прокладываться в полотнах после 4 белых в отличие от предыдущих вариантов. Последовательность прокладывания черных утков: прокладывание черного утка начинается с нижнего полотна – одна прокидка, затем две прокидки – в верхнем, заканчивается цикл прокладыванием черного утка в нижнем полотне.

Связь полотен в правом крае осуществляется как и в предыдущем варианте, при смене цвета утков и полотен, в которых они прокладываются, то есть первая верхняя уточина белого цвета пересекается с третьей нижней уточинной черного цвета и вторая уточина белого цвета нижнего полотна – с четвертой уточинной черного цвета верхнего полотна (рисунок 4).

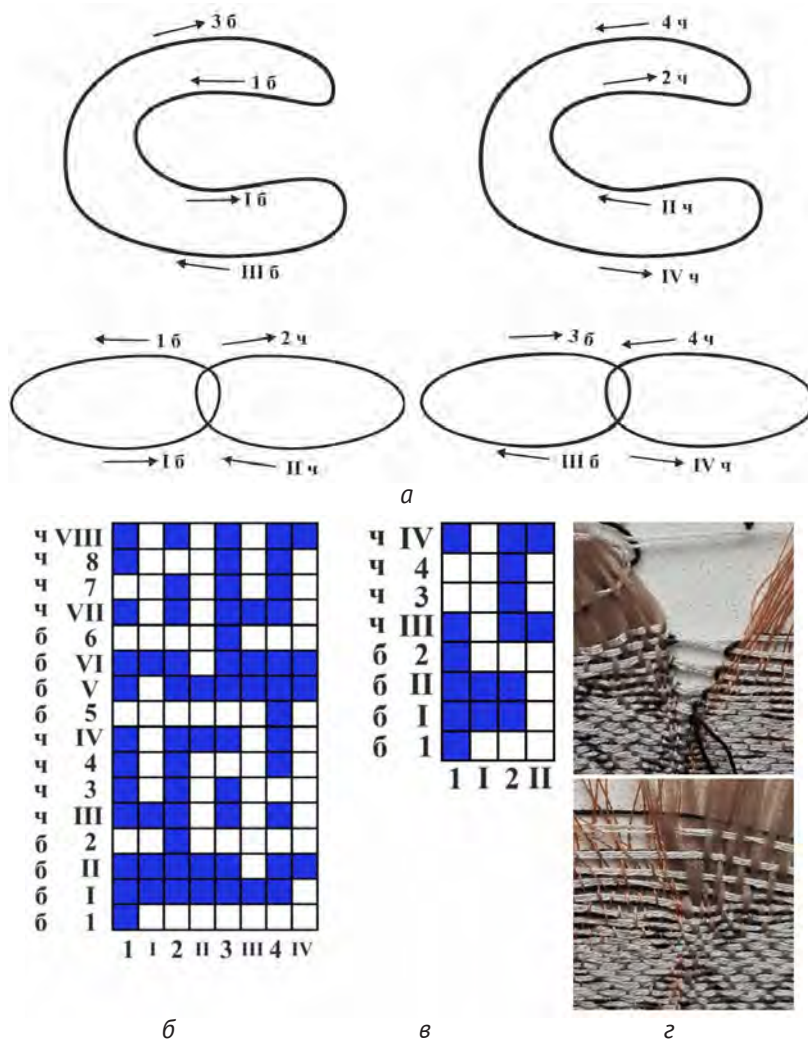


Рисунок 4 – Чередование утков № 4: 61616162411143441V и так далее. Схема прокладывания утков (а); модельные переплетения: для рисунка (б), обводки и кромки (в); образец ткани (г)

Такое же соединение полотен может быть достигнуто и при следующем чередовании утков: 4 белых (нижний, 2 верхних, нижний), 4 черных (верхний, 2 нижних, верхний).

Вариант 5: 4 белые нити (2 верхние, 2 нижние), 4 черные нити (1 верхняя, 2 нижние, 1 верхняя).

При том же цикле чередования утков, равном 8, и той же последовательности в смене цветных нитей, но при разном их распределении по полотнам, имеем новый механизм соединения полотен. Из рисунка 5 а видно, что белые утки осуществляют связь полотен в правом крае ткани, черные – в левом. Модельные переплетения, фотографии тканей представлены на рисунке 5

б, в и г, соответственно. Такое соединение полотен является наиболее рациональным, поскольку места стыка не приобретают большую жесткость по сравнению с фоном ткани и места соединения полотен имеют одинаковый вид.

Вариант 6: 4 белые нити (верхняя, 2 нижние, верхняя), 4 черные нити (нижняя, 2 верхние, нижняя) и т. д.

Цикл прокладывания утков равен 8: белые утки прокладываются в той же последовательности, как и в четвертом варианте, отличие заключается в порядке прокладывания черных утков. Одна уточина в верхнем полотне, две – в нижнем, одна – в верхнем.

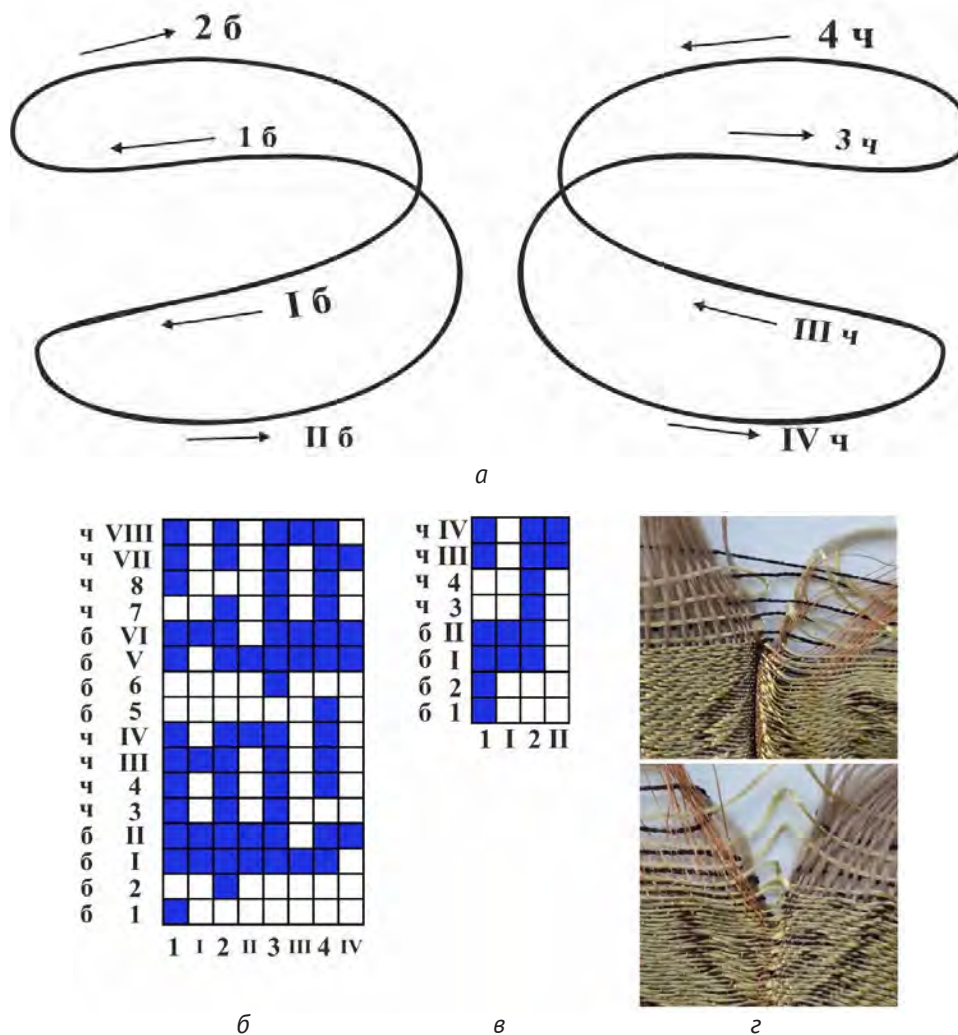


Рисунок 5 – Чередование утков № 5: 6162616143441141V и так далее. Схема прокладывания утков (а); модельные переплетения: для рисунка (б), обводки и кромок (в); образец ткани (г)

Такой порядок прокладывания утков приводит к тому, что в правом крае полотен отсутствуют места, где утки одного цвета и разных цветов пересекаются при смене полотен. В результате в правом крае верхнее и нижнее полотна ткани не соединяются, то есть получается ткань, при снятии которой со станка получаем двойную ее ширину, этот же эффект возможно получить при следующем чередовании утков: 4 белых (нижний, 2 верхних, нижний), 4 черных (нижний, 2 верхних, нижний).

ВЫВОДЫ

Разработана последовательность прокладывания челноков в верхнем и нижнем полотнах,

которая позволяет получить жаккардовые ткани по мотивам слущких поясов полой структуры и двойной ширины, с применением переплетений полутораслойного строения, тем самым расширить ассортимент национальных сувенирных текстильных изделий, производимых на РУП «Слущкие пояса».

Оптимальным чередованием утков для полой ткани является: 4 белые нити (2 верхние, 2 нижние), 4 черные нити (1 верхняя, 2 нижние, 1 верхняя), для ткани двойной ширины – 4 белые нити (1 верхняя, 2 нижние, 1 верхняя), 4 черные нити (1 нижняя, 2 верхние, 1 нижняя).

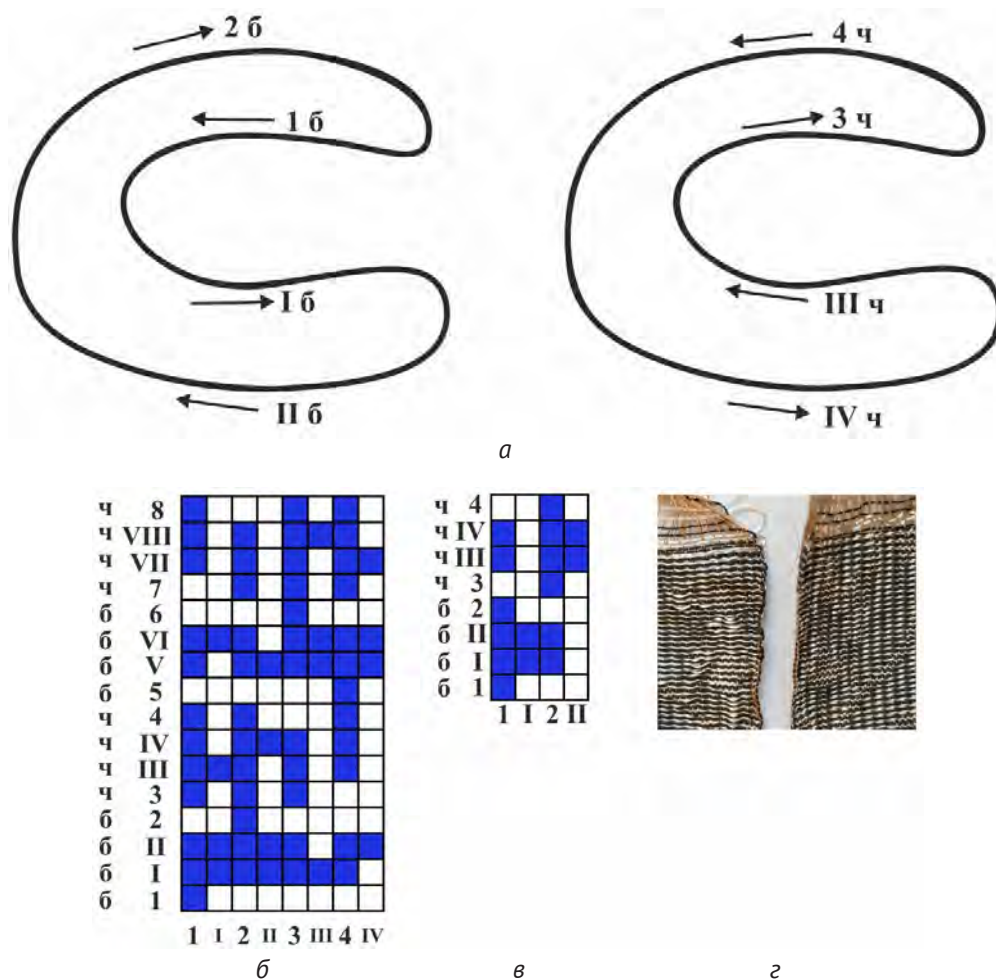


Рисунок 6 – Чередование утков № 6: 6161616243ч11ч1V44 и так далее. Схема прокладывания утков (а); модельные переплетения: для рисунка (б), обводки и кромки (в); образец ткани (г)

Спроектированные жаккардовые ткани не имеют аналогов в мировой практике. Сочетание сложной структуры ткани, авторского композиционного решения рисунков позволяет вывести национальную сувенирную продукцию на мировой рынок и делает ее конкурентоспособной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Башметов, В. С. [и др.] (2018), *Технологическое оборудование для ткачества: пособие для студентов высших учебных заведений*,

REFERENCES

1. Bashmetov, V. (2018), *Tehnologicheskoe oborudovanie dlia tkachestva: posobije dlia studentov vysshih uchebnyh zavedenij, obuchayushihsia*

обучающихся по специальности 1-50 01 01 «Производство текстильных материалов», УО «ВГТУ», Витебск, 470 с.

2. Заздравных, В. С., Юхин, С. С. (2011), Исследование и разработка многослойных тканых структур для фильтров, *Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности*, 2011, № 3, С. 47–50.
 3. Мартынова, А. А., Слостина, Г. Л., Власова, Н. А. (1999), *Строение и проектирование тканей*, Москва, РИО МГТА, 434 с.
 4. Казарновская, Г. В., Пархимович, Ю. Н., Балашов, П. Е. (2020), Автоматизированное проектирование модельных переплетений для жаккардовых тканей по мотивам слутских поясов, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2020, № 1 (38), С. 32–39.
2. Zazdravnykh, V., Yukhin, S. (2011), Research and development of multilayer woven structures for filters [Issledovaniye i razrabotka mnogoslujnyh tkanyh struktur dlia filtrov], *Izvestiya VUZov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti – Izvestiya VUZov. Textile Industry Technology*, 2011, № 3, pp. 47–50.
 3. Martynova, A., Slostina, G., Vlasova N. (1999), *Strojenije i projektirovanije tkanej* [The structure and design of fabrics], Moscow, 434 p.
 4. Kazarnovskaya, G., Parhimovich, Y., Balashov P. (2020), Collection of souvenirs based on Slutsk belts [Avtomatizirovanoje proektirovanije modelnyh perepletenij dlya zhakardovyh tkanej po motivam sluckih poyasov], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2020, №1 (38), pp. 32–39.

Статья поступила в редакцию 25. 10. 2020 г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАМЕТРА КОТОНИНСОДЕРЖАЩЕЙ ПРЯЖИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE DIAMETERS OF COTTONIZED FLAX FIBER

УДК 677.017.224:677.024.1

Е.С. Милеева*, Г.В. Казарновская

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13905>

K. Mileeva*, G. Kazarnovskaya

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

КОТОНИНСОДЕРЖАЩАЯ ПРЯЖА, ДИАМЕТР, ФОТОГРАФИЯ ВНЕШНЕГО ВИДА ПРЯЖИ, ОБЪЁМНАЯ ПЛОТНОСТЬ, ПАРАМЕТРЫ СТРОЕНИЯ ТКАНИ, ПОВЕРХНОСТНАЯ ПЛОТНОСТЬ

Работа посвящена исследованию диаметра котонинсодержащей пряжи пневмомеханического способа формирования тремя методами: по фотографиям внешнего вида пряжи с включенным нижним светом, без него и с помощью прибора USTER TESTER 6.

Целью работы является нахождение диаметра котонинсодержащей пряжи линейной плотности 50 текс и 110 текс, полученного тремя методами. В результате сравнительного анализа по итогам проектирования ткани по заданной поверхностной плотности установлены рациональные методы определения диаметра.

Объектом исследования является льнохлопковая пряжа линейной плотности 110 текс (85 % – котонизированный лен, 15 % – хлопок) и 50 текс (35 % – котонизированный лен, 65 % – хлопок) с различными крутками, полученной пневмомеханическим способом формирования.

Установлено влияние линейной плотности, сырьевого состава, крутки нитей на их диаметры. Произведен расчет основных параметров строения ткани, спроектирована по заданной поверхностной плотности ткань однослойного строения с использованием в основе льняной пряжи мокрого прядения линейной плотностью 56 текс, а в утке – пневмомеханической пряжи линейной плотностью 50 текс. Ткань полотняного переплетения выработана в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат».

ABSTRACT

COTTONIZED FLAX FIBER, DIAMETER, A PHOTOGRAPH OF YARN APPEARANCE, PACKAGE DENSITY, GRAIN PARAMETERS OF FABRIC, AREA DENSITY

The work is devoted to the study of the diameter of cottonin-containing open-end yarn formed by three following ways: by photographs of the yarn appearance using the bottom light, without it and with the help of USTER TESTER 6.

The aim of this work is the search for the diameter of cottonin-containing yarn with linear density of 50 tex and 110 tex, produced by means of three methods. As a result, rational methods to determine the diameter have been developed based on the comparative analysis of the results of fabrics design according to a given surface density.

The object of the study is the flax open-end yarn with a linear density of 110 tex (85 % cottonized flax, 15 % cotton) and 50 tex (35 % cottonized flax, 65 % cotton) with various twists.

The influence of linear density, raw material composition, and yarn twist on their fiber diameters was determined. The calculation of the main parameters of the fabric structure was done, a single-layer fabric was designed according to the given surface density using wet-spun linen yarn with a linear density of 56 tex, and open-end yarn with a linear density of 50 tex in the weft. The fabric of the plain weave was produced at Orsha Linen Industrial Complex.

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

Множество работ посвящено изучению параметров строения тканей и разработке методик их проектирования по заданным свойствам [1–5]. Их анализ свидетельствует, что одним из основных факторов, на основе которых созданы различные методы проектирования тканей, является диаметр нитей. Известно, что он зависит от сырьевого состава, способа получения и линейной плотности пряжи. Диаметр влияет на ключевые характеристики ткани: плотность по основе и по утку, заполнение, поверхностную плотность суровой и готовой ткани, уработку нитей основы и утка, ее строение, а именно на порядок фазы строения, высоту волны изгиба нитей основы и нитей утка и максимальную плотность по основе и по утку. Точное его значение позволит снизить погрешность в проектировании тканей и, как следствие, приведет к минимальной разности между расчетными данными и фактическими, полученными по наработанному образцу ткани.

Целью работы является выявление рациональных методов определения диаметра котонинсодержащей пряжи пневмомеханического способа формирования, позволяющих определить его значения для расчета параметров строения тканей при проектировании их по заданным свойствам.

Объектом исследования являлась льнохлопковая пряжа линейной плотности 110 *текс* (85 % – котонизированный лен, 15 % – хлопок) и 50 *текс* (35 % – котонизированный лен, 65 % – хлопок) с различными крутками, полученные пневмомеханическим способом формирования.

Для достижения цели работы поставлены и выполнены следующие задачи:

- определены различными способами и проанализированы диаметры пряжи линейной плотности 110 *текс* и 50 *текс* с различным содержанием хлопка и котонизированного льняного волокна и с круткой в диапазоне от 700 *кр./м* до 1100 *кр./м*;
- установлено влияние крутки на диаметр пряжи пневмомеханического способа формирования;
- определено влияние структурных особенностей пряжи, таких как сырьевого состава, формы и размера поперечного сечения, объёмности, крутки на параметры строения ткани;
- на примере проектирования ткани одно-

слойного строения по заданной поверхностной плотности установлены рациональные методы определения диаметра пряжи.

При проведении микроскопии традиционно используют нижний источник света, направляют его на рассматриваемый объект, равномерно освещая поле зрения. При проведении предварительных измерений диаметра пряжи по фотографиям ее внешнего вида под микроскопом установлено, что диаметр одного и того же участка пряжи существенно отличался при включенном нижнем свете и без него. Поэтому в данной работе определение диаметра пряжи осуществлялось двумя способами микроскопии по фотографиям ее внешнего вида, выполненным без включенного нижнего света (способ 1), с ним (способ 2) и дополнительно с помощью прибора USTER TESTER 6 (способ 3).

Диаметр пряжи пневмомеханического способа формирования различного сырьевого состава, линейной плотности, крутки определялся с помощью микроскопа «Микромед» с камерой USMOS 03100KPA и прибора USTER TESTER 6.

Фотографии внешнего вида пряжи, выполненные под микроскопом, представлены на рисунке 1.

Анализ полученных изображений показал, что пряжа пневмомеханического способа прядения неоднородна по объёмной плотности. Волокна, формирующие стержень пряжи, расположены параллельно и прижаты друг к другу, при включенном нижнем свете они не пропускают свет. А волокна обивочного слоя в силу их хаотичного расположения и не плотного прилегания к стержню пряжи – просвечиваются. В результате проведенного эксперимента было установлено, что значение диаметра пряжи пневмомеханического способа формирования, определенное под микроскопом с включенным нижним светом, меньше, чем значение диаметра этого же отрезка пряжи, замеренное без включенного нижнего света.

Для достижения высокой точности результатов измерения диаметра исследуемой пряжи производились замеры на отрезках пряжи длиной 100 миллиметров с интервалом фотографирования 10 ± 1 *мм*. В объектив камеры попадал участок пряжи длиной 1,25 *мм*. При десятикратном увеличении одному миллиметру соответ-

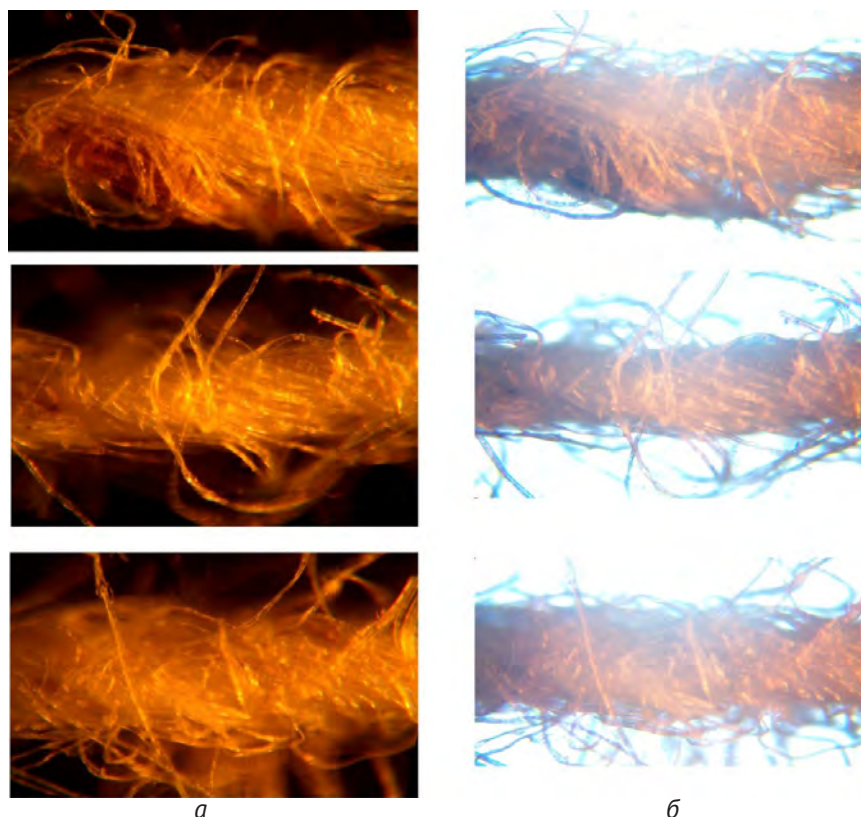


Рисунок 1 – Внешний вид пряжи под микроскопом: а) без включенного нижнего света, б) с включенным нижним светом

ствует 1634,8 пикселей. Далее на фотографиях внешнего вида пряжи с интервалом $0,114 \pm 0,006$ мм или 180 ± 10 пикселей в Adobe Photoshop СС 2015.5 с помощью инструмента «линейка» выполнялись десять замеров толщины пряжи в пикселях на десяти участках. Исходя из вышеуказанной пропорции, значения диаметров переведены в миллиметры с целью удобства их сравнения для разных способов измерения.

Средние значения диаметров пряжи, определенные по десяти замерам на каждом из десяти участков, выполненные под микроскопом способом 1 и способом 2, приведены в таблице 1.

На рисунке 2 представлено изменение диаметра пряжи, как среднее из ста измерений, в зависимости от заправочной крутки в интервале от 700 *кр./м* до 1100 *кр./м*.

Из рисунка 2 видно, что независимо от линейной плотности, сырьевого состава и параметров настройки микроскопа с увеличением крутки диаметр пряжи уменьшается, соответственно,

снижается ее объёмность, то есть пряжа становилась более плотной, компактной. Разница между значениями диаметра, полученными по фотографиям без включенного и с включенным нижним светом, для пряжи линейной плотностью 50 *текс* снижается при увеличении крутки, а для пряжи 110 *текс* – увеличивается.

На рисунке 3 приведены значения коэффициента вариации диаметра пряжи с круткой в диапазоне от 700 *кр./м* до 1100 *кр./м*.

Коэффициенты вариации по диаметру для пряжи 50 *текс* и 110 *текс* находятся в диапазоне от 6 до 13 %, на отдельных отрезках пряжи они доходили до 20 %, но не превышают значения неровноты пряжи на коротких отрезках [6]. Неровнота пряжи по линейной плотности пропорциональна неровноте по площади сечения пряжи, а неровнота по диаметру меньше неровноты по площади.

Микроскопия – единственный способ, который используется при измерении размеров

Таблица 1 – Средние значения диаметра котонинсодержащей пряжи

	Пряжа линейной плотности 50 текс					Пряжа линейной плотности 110 текс				
Крутка, кр./м	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
Участок пряжи	Диаметр котонинсодержащей пряжи, мм									
1	0,499* 0,305**	0,355 0,301	0,293 0,247	0,227 0,211	0,282 0,235	0,606 0,364	0,483 0,369	0,567 0,394	0,544 0,286	0,432 0,265
2	0,382 0,254	0,242 0,205	0,359 0,242	0,344 0,270	0,231 0,213	0,641 0,360	0,594 0,313	0,557 0,341	0,690 0,263	0,524 0,365
3	0,411 0,346	0,536 0,392	0,404 0,274	0,417 0,302	0,309 0,231	0,631 0,361	0,696 0,391	0,627 0,351	0,704 0,352	0,364 0,320
4	0,400 0,309	0,318 0,253	0,503 0,375	0,267 0,201	0,396 0,280	0,674 0,335	0,630 0,697	0,456 0,290	0,577 0,418	0,605 0,215
5	0,395 0,265	0,430 0,231	0,411 0,273	0,389 0,308	0,488 0,281	0,689 0,518	0,697 0,420	0,545 0,266	0,567 0,216	0,679 0,305
6	0,430 0,306	0,392 0,239	0,357 0,247	0,388 0,293	0,276 0,246	0,632 0,521	0,670 0,432	0,389 0,304	0,374 0,333	0,568 0,393
7	0,358 0,261	0,382 0,273	0,300 0,233	0,526 0,377	0,320 0,221	0,544 0,401	0,501 0,419	0,544 0,352	0,601 0,339	0,408 0,367
8	0,415 0,287	0,361 0,281	0,334 0,224	0,360 0,233	0,336 0,241	0,599 0,476	0,680 0,412	0,677 0,445	0,673 0,430	0,517 0,271
9	0,385 0,296	0,304 0,238	0,266 0,232	0,398 0,313	0,269 0,227	0,557 0,447	0,424 0,419	0,535 0,416	0,486 0,469	0,727 0,326
10	0,458 0,354	0,518 0,302	0,448 0,360	0,360 0,277	0,346 0,221	0,569 0,492	0,604 0,367	0,729 0,346	0,446 0,357	0,474 0,286

Примечание: * – в числителе указаны значения диаметра пряжи, полученные способом 1; ** – в знаменателе указаны значения диаметра пряжи, полученные способом 2.

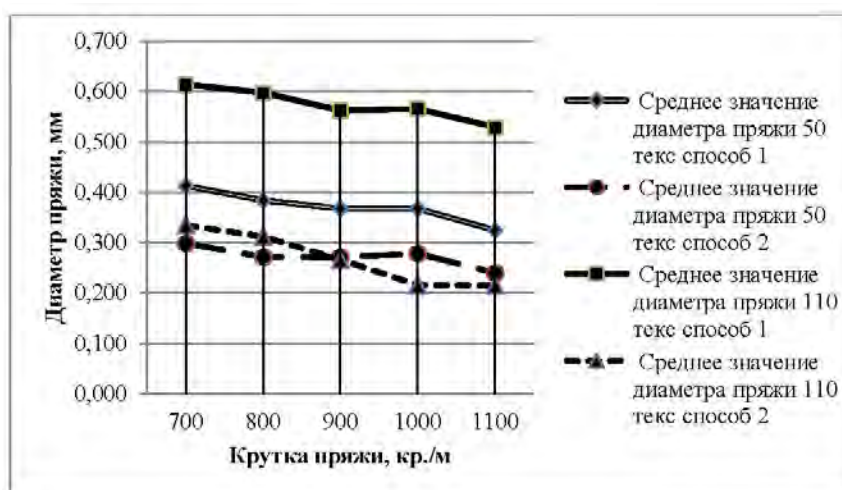


Рисунок 2 – Изменение диаметра пряжи с увеличением крутки

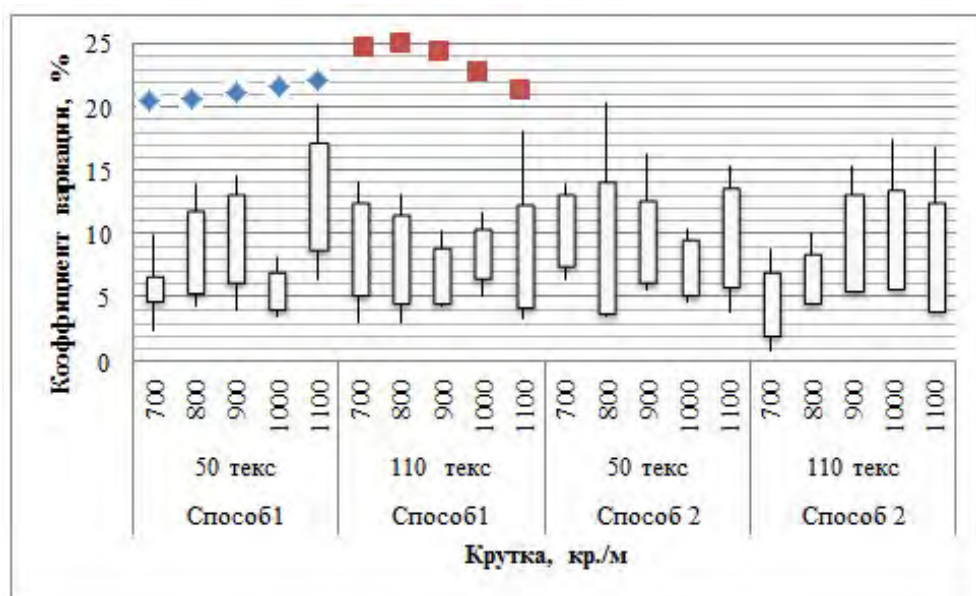


Рисунок 3 – Коэффициент вариации диаметра:

◆ – квадратическая неровнота по линейной плотности для пряжи 50 **текс** на коротких отрезках по данным USTER TESTER 5; ■ – квадратическая неровнота по линейной плотности для пряжи 110 **текс** на коротких отрезках USTER TESTER 5; □ – коэффициент вариации диаметра пряжи

нитей в ткани методом срезов и является более доступным, несмотря на его трудоемкость. Возможность использования нового метода определения значений диаметра пряжи на паковке с помощью прибора USTER TESTER 6 появился в Республике Беларусь сравнительно недавно.

На ОАО «Камволь» на приборе USTER TESTER 6 исследована пряжа линейной плотности 50 **текс** и 110 **текс**: неровнота пряжи, ворсистость, диаметр и форма сечения пряжи. Прибор снабжен датчиком ОМ, позволяющим измерять среднее значение диаметра пряжи в двух направлениях, форму поперечного сечения пряжи и среднюю объёмную плотность пряжи по всей длине образца [7].

Испытания проводились на пяти пробах длиной 200 м, результаты представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что значение диаметра пряжи с увеличением крутки уменьшается, соответственно, увеличивается объёмная плотность пряжи, пряжа становится тоньше и компактнее вследствие меньшего расстояния между отдельными волокнами. Данные, полученные на приборе USTER TESTER 6 и под микроскопом, согла-

совываются между собой, но значения диаметра пряжи, полученные способом 1, в большей степени соответствуют значениям диаметра пряжи с прибора USTER TESTER 6, причем этот вывод в равной степени относится к пряже линейной плотности 50 и 110 **текс**.

Метод определения формы пряжи на USTER TESTER 6 предполагает, что в плоскости сечения она имеет эллипсообразную форму. Показатель формы поперечного сечения пряжи определялся как соотношение перпендикулярных осей, проходящих в плоскости сечения пряжи: меньшей оси пряжи к большей. Данные таблицы 2 указывают на то, что пряжа пневмомеханического способа формирования независимо от крутки имеет форму поперечного сечения, близкую к эллипсу, но с увеличением крутки соотношение осей эллипса увеличивается. Это свидетельствует о том, что с увеличением компактности пряжи ее сечение стремится к кругу. Такое же влияние на форму поперечного сечения пряжи оказывает и процентное вложение котонизированного льна.

Значения отклонений диаметра пряжи, полученные под микроскопом, от значений USTER

Таблица 2 – Результаты испытаний на приборе USTER TESTER 6

Линейная плотность, <i>текс</i>	Крутка, <i>кр./м</i>	Диаметр, <i>мм</i>	Коэффициент вариации по диаметру пряжи на отрезках длиной 8 <i>мм</i> , %	Коэффициент вариации по диаметру пряжи на отрезках длиной 0,3 <i>мм</i> , %	Форма	Средняя объёмная плотность пряжи, <i>г/см³</i>
50	700	0,401	15,20	21,44	0,62	0,39
	800	0,390	14,43	20,66	0,66	0,42
	900	0,383	14,42	21,19	0,69	0,43
	1000	0,380	14,26	22,03	0,69	0,44
	1100	0,377	14,74	23,41	0,70	0,45
110	700	0,596	13,98	19,14	0,66	0,41
	800	0,579	14,35	19,97	0,66	0,43
	900	0,576	13,95	19,86	0,69	0,46
	1000	0,569	13,90	20,48	0,71	0,46
	1100	0,566	14,18	21,63	0,73	0,45

Таблица 3 – Отклонение значений диаметра пряжи, полученного способами микроскопии от значений диаметра пряжи, полученного на приборе USTER TESTER 6

Линейная плотность пряжи, <i>текс</i>	Крутка, <i>кр./м</i>	Отклонение значений диаметра пряжи, %	
		Способ 1	Способ 2
50	700	3,07	-25,61
	800	-1,59	-30,38
	900	-4,05	-29,32
	1000	-3,26	-26,67
	1100	-13,71	-36,45
110	700	3,05	-28,27
	800	3,26	-26,79
	900	-2,33	-39,15
	1000	-0,49	-39,14
	1100	-6,40	-45,00

TESTER 6 представлены в таблице 3.

Таким образом, разница в значениях, полученных под микроскопом без включенного нижнего света и с помощью прибора USTER TESTER 6, находится в пределах 5 %, кроме пряжи с заправочной круткой 1100 *кр./м*, что составляет для пряжи 50 *текс* от 0,016 до 0,012 *мм*, для пряжи 110 *текс* – от 0,013 до 0,019 *мм*. Пряжа с круткой 1100 *кр./м* имеет отклонение более 5 %, что в миллиметрах составляет 0,052 *мм* для пряжи 50 *текс* и 0,036 *мм* – для пряжи

110 *текс*. Погрешность второго способа является достаточно высокой, в среднем составляет 25–30 % или 0,103–0,225 *мм*. Исходя из этого, значения диаметра пряжи на паковке, полученные под микроскопом без включенного нижнего света, соответствуют значениям, полученным с прибора, а значения, полученные способом 2, сильно отличаются.

Чтобы сопоставить разные способы определения диаметра пряжи и определить наиболее подходящие для применения в практическом

проектировании тканей по заданным свойствам, произведен расчет параметров строения ткани со всеми значениями диаметров, полученными разными способами. Спроектирована костюмная ткань поверхностной плотности 185 г/м^2 , в основе которой использована чисто льняная пряжа мокрого способа прядения линейной плотности 56 текс , а в утку – исследуемая пряжа линейной плотности 50 текс . Методика проектирования ткани по заданной поверхностной плотности наиболее часто используется для проектирования тканей бытового назначения. Сущность методики заключается в нахождении плотности по основе (P_o) и по утку (P_y), уработки нитей основы (a_o) и утка (a_y) в ткани, входящих в расчет поверхностной плотности суровой ткани. Далее производится проверка соответствия теоретических расчетов фактическим значениям поверхностной плотности выработанной ткани.

Для расчета геометрических характеристик ткани построена модель ее строения с максимальным уплотнением по основе (рисунок 4 а) и по утку (рисунок 4 б).

Проектирование ткани проводилось с учетом особенностей структуры основных и уточных нитей, связанных с различным сырьевым составом, линейной плотностью и способом получения пряжи.

В соответствии с назначением ткани ее опорную поверхность должны формировать нити основы, тем более что пряжа мокрого способа прядения является более гладкой по сравнению с пряжей, полученной пневмомеханическим способом формирования. Поэтому принимаем порядок фазы строения близкий к шестому, коэффициенты, характеризующие высоту волны изгиба по основе $K_{ho} = 1,2$; по утку $K_{hy} = 0,8$.

Принимаем коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом по утку K_{Hy} больше, чем по основе K_{Ho} в силу значительного превышения диаметра уточных нитей из-за их большей объемности по сравнению с диаметром нитей основы, то есть: $K_{Ho} = 0,73$, $K_{Hy} = 0,79$.

В результате предварительных исследований параметров строения ткани по поперечным срезам установлено, что нити основы и утка в ткани приобретают форму поперечного сечения в виде эллипса. Однако льняная пряжа мокрого способа прядения деформируется в меньшей степени, чем хлопчатобумажная пряжа. Поэтому принимаем коэффициент смятия нитей основы по горизонтали $\eta_{o.z.} = 1,05$ и по вертикали $\eta_{o.s.} = 0,95$ и нитей утка по горизонтали $\eta_{y.z.} = 1,27$ и по вертикали $\eta_{y.s.} = 0,73$.

Плотность нитей по основе (утку) в ткани определяем по формуле:

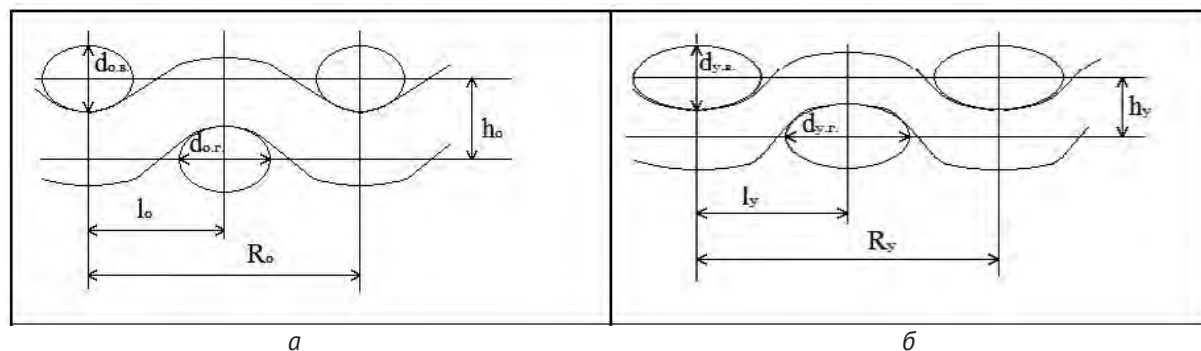


Рисунок 4 – Геометрическая модель максимально уплотненной ткани полотняного переплетения: $d_{o.s.}$ – вертикальный диаметр нитей основы с учетом коэффициентов смятия, мм, $d_{o.z.}$ – горизонтальный диаметр нитей основы с учетом коэффициентов смятия, мм, $d_{y.s.}$ – вертикальный диаметр нитей утка с учетом коэффициентов смятия, мм, $d_{y.z.}$ – горизонтальный диаметр нитей утка с учетом коэффициентов смятия, мм, l_o – расстояние между центрами нитей основы, мм, l_y – расстояние между центрами нитей утка, мм, R_o – раппорт ткани по основе, мм, R_y – раппорт ткани по утку, мм, h_o – высота волны изгиба нитей основы, мм, h_y – высота волны изгиба нитей утка, мм

$$P_o(y) = P_o \max(y, \max) * K_{Ho}(Hy), \quad (1)$$

где $P_o \max$, $P_y \max$ – максимальная плотность по основе и по утку, соответственно, $n/10 \text{ см}$

$$P_o \max(y, \max) = \frac{100}{l_o(y)}, \quad (2)$$

$$l_o(y) = d_p * \sqrt{4 - K_{Ho}^2(hy)}, \quad (3)$$

где d_p – диаметр расчетный:

$$d_p = \frac{d_{0.в.} + d_{y.в.}}{2}, \text{ мм} \quad (4)$$

Высота волны изгиба:

$$h_o(y) = d_p * K_{ho}(hy). \quad (5)$$

В таблице 4 представлены результаты расчета геометрических параметров строения ткани по трем способам замера диаметров.

Значения высоты волны изгиба нитей основы и утка для способов определения диаметра с помощью прибора USTER TESTER (способ 3) и под микроскопом без включенного нижнего света (способ 1) находятся в одном интервале, а для способа нахождения диаметра по фотографиям, выполненным под микроскопом с включенным нижним светом (способ 2), они существенно ниже. С увеличением крутки высота волны изгиба нитей основы и утка для всех способов снижается, но для третьего способа в меньшей степени. Эта же тенденция наблюдается и в изменении геометрической плотности максимально уплотненной ткани. Для всех трех способов измерения диаметра характерно увеличение максимальной плотности нитей в ткани по основе и по утку при увеличении крутки. Значения, полученные в результате расчета по данным прибора USTER TESTER, свидетельствуют о незначительном увеличении максимальной плотности ткани (7–8 $n/10 \text{ см}$) с увеличением крутки на 400 $кр./м$, для способа 1 и 2 – 26–30 $n/10 \text{ см}$, то есть в среднем на 6–8 $n/10 \text{ см}$ с увеличением крутки на 100 $кр./м$.

Таблица 4 – Геометрические параметры строения ткани

	Способ 1					Способ 2					Способ 3				
Крутка, $кр./м$	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
$h_o, \text{мм}$	0,355	0,340	0,332	0,332	0,310	0,297	0,284	0,283	0,287	0,267	0,349	0,343	0,340	0,338	0,337
$h_y, \text{мм}$	0,237	0,227	0,221	0,221	0,207	0,198	0,189	0,189	0,192	0,178	0,233	0,229	0,226	0,225	0,224
$l_o, \text{мм}$	0,473	0,454	0,443	0,443	0,414	0,396	0,378	0,378	0,383	0,356	0,465	0,458	0,453	0,451	0,449
$l_y, \text{мм}$	0,542	0,520	0,507	0,507	0,474	0,454	0,433	0,433	0,439	0,408	0,533	0,524	0,519	0,517	0,514
$P_o \max$, $n/10 \text{ см}$	211,4	220,4	225,8	225,8	241,5	252,6	264,3	264,8	261,0	280,7	215,0	218,5	220,8	221,7	222,7
$P_y \max$, $n/10 \text{ см}$	184,5	192,4	197,1	197,1	210,8	220,5	230,7	231,1	227,9	245,0	187,7	190,7	192,7	193,6	194,4

Уработка нитей основы и утка определялась по формулам:

$$a_o(y) = \frac{\sqrt{l_{y.ф.(o.ф.)}^2 + h_o^2(y)} - l_{y.ф.(o.ф.)}}{\sqrt{l_{y.ф.(o.ф.)}^2 + h_o^2(y)}} \quad (6)$$

где $l_{o.ф.}$ и $l_{y.ф.}$ – фактическое расстояние между центрами основных и уточных нитей соответственно, **мм**

$$l_{o.ф.(y.ф.)} = \frac{l_o(y)}{K_{Ho}(Hy)} \quad (7)$$

В таблице 5 приведены теоретические значения уработки и плотности по основе и по утку в суровой ткани.

Уработка нитей основы и нитей утка для всех трех способов является постоянной и не зависит от крутки нитей. Это связано с тем, что с уменьшением диаметра нитей утка уменьшается высота волны изгиба нитей основы и утка, а также фактическое расстояние между центрами основных и уточных нитей, соотношение $h_o(y)/l_{o.ф.(y.ф.)}$ остается постоянным ($h_o / l_{o.ф.} = 0,5475$; $h_y / l_{y.ф.} = 0,345$). Уработка нитей основы зависит только от порядка фазы строения ткани, диаметр нитей на ее фактическое значение не влияет. Увеличение крутки уточной пряжи на 100 **кр./м** приводит к увеличению плотности и по основе, и по утку: для способов 1 и 2 по основе в

среднем на 5,1–5,5 **н/10 см**, по утку – на 4,8–5,2 **н/10 см**, для способа 3 по основе – на 1,4 **н/10 см**, по утку – на 1,3 **н/10 см**. То есть для способов определения диаметра по фотографиям под микроскопом в результате проектирования характерен более широкий интервал плотностей по основе и по утку, а для способа определения диаметра с помощью прибора USTER TESTER 6 – незначительное изменение плотности ткани.

С использованием значений, приведённых в таблице 5, рассчитываем поверхностную плотность суровой ткани по формуле:

$$M_{с.м}^2 = \frac{10P_o T_o}{1000(1-0,01*a_o)} + \frac{10P_y T_y}{1000(1-0,01*a_y)} \quad (8)$$

Фактическую поверхностную плотность готовой ткани $M_{г.м}^2$ определяем по поверхностной плотности суровой ткани с учетом параметров отделки по данным РУПТП «Оршанский льнокомбинат»: притяжка ткани по длине $U_o = 2,0$ %, усадка ткани по ширине $U_y = 9,3$ %, потеря массы ткани в отделке $\beta = 4,0$ %

$$M_{г.м}^2 = \frac{M_{с.м}^2 * (1-0,01*\beta)}{(1+0,01*U_o)*(1-0,01*U_y)} \quad (9)$$

Данные расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 5 – Плотность ткани по основе и по утку и уработка нитей основы и утка

	Способ 1					Способ 2					Способ 3				
Крутка, кр./м	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
a_o , %	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18
a_y , %	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06
P_o , н/10 см	154,3	160,9	164,8	164,8	176,3	184,4	192,9	193,3	190,6	204,9	157,0	159,5	161,2	161,9	162,6
P_y , н/10 см	145,7	152,0	155,7	155,7	166,6	174,2	182,2	182,6	180,0	193,6	148,3	150,7	152,2	152,9	153,6

Таблица 6 – Поверхностная плотность ткани

	Способ 1					Способ 2					Способ 3				
Крутка, <i>кр./м</i>	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
$M_{с.м}^2$, <i>гp/м</i>	174,8	182,4	186,8	186,8	199,8	209,0	218,6	219,0	215,9	232,2	177,9	180,8	182,6	183,4	184,3
$M_{г.м}^2$, <i>гp/м</i>	181,4	189,2	193,8	193,8	207,4	216,9	226,9	227,3	224,1	241,0	184,6	187,6	189,5	190,4	191,2
Δ , <i>гp</i>	-3,6	4,2	8,8	8,8	22,4	31,9	41,9	42,3	39,1	56,0	-0,4	2,6	4,5	5,4	6,2
Δ , %	-1,9	2,3	4,8	4,8	12,1	17,2	22,6	22,9	21,1	30,3	-0,2	1,4	2,4	2,9	3,4

Примечание: Δ , *гp* – отклонение поверхностной плотности от заданной, *гp*; Δ , % – отклонение поверхностной плотности от заданной, %.

Поверхностная плотность ткани, рассчитанная по значениям диаметра пряжи, полученного по фотографиям ее внешнего вида под микроскопом с включенным нижним светом, существенно выше заданной поверхностной плотности. Это свидетельствует о том, что данный способ определения искажает значения диаметра на величину обвивочного слоя волокон, который при включенном нижнем свете просвечивается и не входит в диаметр, но по факту присутствует и в пряже, и в ткани, увеличивая ее наполнение волокнистым материалом. Отклонение от заданной поверхностной плотности превышает 17–20 %, что является недопустимым для проектирования.

Использование значений диаметра пряжи, полученных по фотографиям ее внешнего вида под микроскопом без включенного нижнего света, давало отклонение между теоретически рассчитанной и заданной поверхностной плотностью ткани в среднем 4,4 %, что являлось допустимым в практике проектирования. Наибольшее отклонение в значениях поверхностной плотности соответствует крутке пряжи 700 *кр./м* и 1100 *кр./м*. Минусовое отклонение поверхностной плотности ткани с использованием в утке пряжи с круткой 700 *кр./м* составляет 1,9 % и считается удовлетворяющим условиям проектирования, так как ГОСТом предусмотрено минусовое отклонение не более 7 % [8]. Плюсое отклонение не ограничивается ГОСТом, но его превышение более чем на 5 % является экономически нецелесообразным для произ-

водства, так как это связано с дополнительными расходами сырьевых ресурсов.

Микроскопия пряжи позволяет визуально оценить ряд признаков пряжи, выявить ее структуру, объяснить отдельные свойства пряжи, вытекающие из ее строения. Однако является способом трудоемким, требует высокой квалификации лаборанта и ручной обработки полученных данных.

Способ определения диаметра с помощью прибора USTER TESTER 6 показал минимальную погрешность в проектировании ткани по заданной поверхностной плотности, в среднем 2 %, поэтому он является наиболее точным.

С использованием значений диаметра пряжи на паковке, полученных под микроскопом и с помощью USTER TESTER 6, спроектирована ткань по заданной поверхностной плотности. На базе ее анализа установлены способы, оптимально подходящие для определения диаметра пряжи, значения которого дают наименьшую погрешность в проектировании. В последующем данные способы будут рекомендованы для исследования диаметра пряжи в тех случаях, когда длина образца не позволяет использовать для измерения USTER TESTER 6.

ВЫВОДЫ

1. Прибор USTER TESTER 6 позволяет наиболее точно определить геометрические размеры котонинсодержащей пряжи линейной плотности 50 *текс* и 110 *текс* с круткой в диапазоне от 700 *кр./м* до 1100 *кр./м*, что подтверждается результатами проектирования ткани по задан-

ной поверхностной плотности. Метод определения диаметра пряжи по фотографиям внешнего вида, выполненных под микроскопом, дает значения, близкие к данным с прибора USTER TESTER 6, коэффициенты вариации находятся в одном интервале, поэтому также рекомендованы к использованию. Значения же диаметра, определенные под микроскопом с включенным нижним светом, дают высокую погрешность проектирования, этот метод не рекомендован для использования.

2. Пряжа линейной плотности 110 **текс** с содержанием котонизированного льна – 85 % имеет более круглую форму, чем пряжа линейной

плотностью 50 **текс** с 35 % котонизированного льна. С увеличением крутки диаметр котонинсо-державшей пряжи пневмомеханического способа формирования линейной плотности 50 **текс** и 110 **текс** снижался независимо от метода его определения.

3. Геометрические параметры строения ткани с увеличением крутки уменьшаются и не зависят от метода определения диаметра. Плотность по основе и по утку при снижении диаметра нитей утка увеличивается, уработка основы и утка в большей степени зависит от порядка фазы строения ткани, чем от диаметра уточных нитей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мартынова, А. А., Черникина, Л. А. (1976), *Лабораторный практикум по строению и проектированию тканей. Учебное пособие для высших учебных заведений текстильной промышленности*, Москва: Легкая индустрия, 296 с.
2. Толубеева, Г. И. (2012), Пример расчета уработок нитей основы и утка и построение их профилей в ткани полотняного переплетения, *Известия высших учебных заведений: Технология текстильной промышленности*, 2012, № 2, С. 52–58.
3. Толубеева, Г. И. (2012), Методика расчета уработок нитей во фронтальной плоскости однослойной ткани по ее заправочным данным и высоте волны изгиба основы, *Известия высших учебных заведений: Технология текстильной промышленности*, 2012, № 3, С. 48–53.
4. Назарова, М. В., Бойко, С. Ю., Фефелова, Т. Л. (2015), Разработка оптимальных параметров ткани, обладающих низкой воздухопроницаемостью и материалоемкостью, *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2015, № 12-5, С. 806–809.

REFERENCES

1. Martynova, A. A., Chernikina, L. A. (1976), *Laboratornyj praktikum po stroeniyu i proektirovaniyu tkanej. Uchebnoe posobie dlya vysshih uchebnyh zavedenij tekstil'noj promyshlennosti* [Laboratory workshop on the structure and design of fabrics. Textbook for higher educational institutions of the textile industry], Moscow: Light industry, 296 p.
2. Tolubeeva, G. I. (2012), An Example of calculating of contractions of warp and weft threads and building their profiles in plain weave fabrics [Primer rascheta urabotok nitej osnovy i utka i postroenie ih profilej v tkani polotnyanogo perepleteniya], *Proceedings of higher educational institutions: Technology of the textile industry*, 2012, № 2, pp. 52–58.
3. Tolubeeva, G. I. (2012), Calculation Methods of contractions of threads in the frontal plane single-layer fabric in her filling data and the wave height of the bending fundamentals [Metodika rascheta urabotok nitej vo frontal'noj ploskosti odnoslojnoj tkani po ee zapravochnym dannym i vysote volny izgiba osnovy], *Proceedings of higher educational institutions: Technology of textile industry*, 2012, № 3, pp. 48–53.

5. Федорченко, Е. В., Загора, О. В., Кирильчук, И. Е. (2018), Инновационный подход к проектированию тканей комбинированных переплетений с длинными прокидками, *Материалы и технологии*, 2018, № 1 (1), С. 28–32.
6. Рыклин, Д. Б., Медведский, С. С. (2017), *Оценка качества текстильных нитей и полуфабрикатов с использованием приборов USTER TESTER: монография*, Витебск, УО «ВГТУ», 2017, 168 с.
7. Милеева, Е. С., Казарновская, Г. В. (2020), Анализ влияния крутки на показатели качества котонинсодержащей пряжи пневмомеханического способа формирования, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2020, № 1 (38), С. 59–70.
8. ГОСТ 15968-2014. *Ткани чистольняные, льняные и полульняные одежные. Общие технические условия*, введ. 01.01.2016, (2015), Москва, ФГУП «Стандартинформ», С. 14.
4. Nazarova, M. V., Boiko, S. U., Fefelova, T. L. (2015), Development of optimal parameters of the fabric having low air permeability and material [Razrabotka optimal'nyh parametrov tkani, obladayushchih nizkoj vozduhopronicaemost'yu i materialoemkost'y], *International periodical of applied and fundamental research*, 2015, № 12-5, pp. 806–809.
5. Fedorchenko, E. V., Zakora, O. V., Kirilcuk, I. E. (2018), An Innovative approach to the design of the fabrics of combined weave with long overlapping [Innovacionnyj podhod k proektirovaniyu tkanej kombinirovannyh perepletenij s dlinnymi prokidkami], *Materials and technology*, 2018, № 1 (1), pp. 28–32.
6. Ryklin, D. B., Medvetki, S. S. (2017), *Ocenka kachestva tekstil'nyh nitej i polufabrikatov s ispol'zovaniem priborov USTER TESTER: monografiya* [Quality Assessment of textile fibres and semi-manufactured with the use of the instrument USTER TESTER: monograph], Vitebsk, EI "VSTU", 2017, 168 p.
7. Mileeva, E. S., Kazarnovskaya, G. V. (2020), The analysis of twist on the quality indicators of open-end spun yarn with cottonized flax fibers [Analiz vliyaniya krutki na pokazateli kachestva kotoninsoderzhashchej pryazhi pnevmomekhanicheskogo sposoba formirovaniya], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2020, № 1 (38), pp. 59–70.
8. GOST 15968-2014. *Fabrics are pure linen, linen and semi-linen clothing. General technical conditions*, introduction. 01.01.2016, (2015), Moscow, FSUE "STANDARTINFORM", P. 14.

Статья поступила в редакцию 17. 11. 2020 г.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В НАКЛОННОМ ЗАКРЫТОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ ФЛОКИРОВАНИИ

SIMULATION OF MOTION OF A FINE PARTICLES FLOW IN INCLINED CLOSED SPACE DURING AERODYNAMIC FLOCKING

УДК 62-582.5

В.В. Парманчук^{1*}, В.И. Ольшанский²

¹ ОАО «БЕЛАЗ»

² Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13906>

V. Parmanchuk^{1*}, V. Alshanski²

¹ OJSC «BELAZ»

² Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

МЕЛКОДИСПЕРСНЫЕ ЧАСТИЦЫ, АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ СПОСОБ, ПЛОТНОСТЬ, ПОТОК ЧАСТИЦ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОСАЖДЕНИЕ, ОБЪЕМНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ

Объектом исследования является конструкция бункера, который входит в состав аэродинамического устройства.

Целью исследования является определение основных конструктивных параметров бункера напыления, факторов влияния на стабильность процесса формирования материалов, получения математической модели аэродинамического нанесения мелкодисперсных частиц на подложку.

Авторами проведено экспериментальное моделирование аэродинамического процесса напыления, установлены зависимости основных аэродинамических характеристик от конструктивного решения бункера установки, оптимальных технических параметров, обеспечивающих максимальную поверхностную плотность многослойного текстильного материала.

Результаты работы позволяют оперативно определить аэродинамические свойства потока, влияющие на характеристики многослойных теплоизоляционных материалов, текстильных композиционных материалов.

ABSTRACT

MULTILAYERED MATERIAL, EVENNESS, DISTRIBUTION, AIRSTREAM, VELOCITY, PRESSURE, TURBULENCE, OPTIMIZATION, DESIGN OF HOPPER, DENSITY, FLUID MEDIUM

The aim of the study is to determine the basic geometric dimensions and design parameters of the spray hopper, to obtain a mathematical model of the distribution and deposition of particle flow.

The authors conducted experimental modeling of the flow, determining the concentration of particles and their deposition of the substrate, determined the influence of the geometric solution of the installation hopper on the main aerodynamic characteristic.

The results of the work enable to quickly determine the distribution of particles in the flow, the density of the fluid, and other indicators affecting the characteristics of multilayer thermal insulation materials.

* E-mail: office@belaz.minsk.by (V. Parmanchuk)

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день имеется множество литературы и научных работ по описанию процесса флокирования, холстоформирования и холстообразования теплоизоляционных материалов различными способами, следовательно, этот вопрос достаточно изучен. Движение частиц в закрученном потоке широко изучалось в вихревых массообменных аппаратах, циклонных процессах и центробежных мельницах [1, 2].

Для достижения оптимальных значений показателей качества поверхности многослойных теплоизоляционных материалов предъявляется ряд требований к параметрам воздушных потоков, которые зависят от конструкции установки.

Необходимо отметить, что изучению гидро- и аэродинамики движения мелкодисперсных частиц в окружающей среде посвящено ограниченное число работ. Более изучено продольное обтекание пластин, поперечное и продольное обтекание цилиндров движущейся средой с образованием при этом пограничного слоя.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Ранее [3] авторами произведено исследование аэродинамики движения частиц в закрытом пространстве, в котором рассмотрели движение частиц в бункере в осевом потоке, при такой подаче воздуха возникает сложность с его равномерным распределением. Была предложена модель напыления с тангенциальным подводом несущей среды.

Цель исследований в данной работе – достижение стабильности процесса формирования многослойных текстильных материалов аэродинамическим способом.

Для этого необходимо исследовать равномерность распределения параметров воздушных потоков (скорость, давление, турбулентность) и оптимизировать конструкцию бункера, который входит в состав аэродинамического устройства.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Аэродинамическое устройство должно обеспечивать образование двухфазного потока, т.е. смешение волокнистых частиц и воздуха, транспортирование волокнистых частиц по каналу бункера и осаждение волокнистых частиц на подготовленную поверхность.

Распределение частиц по сечению бункера в режиме несвязанного движения имеет стати-

стический характер. Концентрация частиц и скорость их движения определяются функцией распределения F . Вид этой функции определяется дифференциальным уравнением [4]:

$$\frac{\partial F}{\partial t} + u_x \frac{\partial F}{\partial x} + u_y \frac{\partial F}{\partial y} + u_z \frac{\partial F}{\partial z} + X \frac{\partial F}{\partial u_x} + Y \frac{\partial F}{\partial u_y} + Z \frac{\partial F}{\partial u_z} = \Delta_c F, \quad (1)$$

где X, Y, Z – компоненты внешних сил; u_x, u_y, u_z – проекции скорости частиц на координатные оси; $\Delta_c F$ – скорость изменения функции распределения в фиксированной точке за счет столкновений между частицами.

Однако решение этого уравнения в общем виде невыполнимо, поэтому для определения концентрации частиц необходимы экспериментальные исследования.

В соответствии с выбранной технологией нанесения мелкодисперсных частиц на клеевую основу для получения волокнистых теплоизоляционных материалов использовались следующие компоненты: основа (стеклоткань РСТ-250-Ф), связующее (полиуретановый клей УР 600), волокнистая масса, модифицирующие добавки.

В качестве каркасообразующего элемента (волокнистой массы) применяли разволокненные нетканые отходы после измельчения: КНОП стригальный, флок; ковровые обрезки из пряжи аппаратной полушерстяной (шерстяное волокно – 30 %, полиамидное волокно (ПА) – 23 %, полиакрилонитрильное волокно (ПАН) – 47 %) и синтетической (ПА – 25 %, ПАН – 75 %).

Поверхностная плотность волокнистых теплоизоляционных материалов, обеспечивающая минимальный коэффициент теплопроводности, составляет 120–160 г/м².

Для изготовления волокнистых теплоизоляционных материалов разработан и изготовлен стенд, схема которого показана на рисунке 1. Устройство работает следующим образом: мелкодисперсные частицы материала под действием кинетической энергии смеси воздуха и материала ударяются о клеевой слой, где незакрепленные частицы сваливаются вниз бункера, далее лента с нанесенным материалом перемещается в зону ИК-сушки, и в завершении лента материала направляется к механизму намотки.

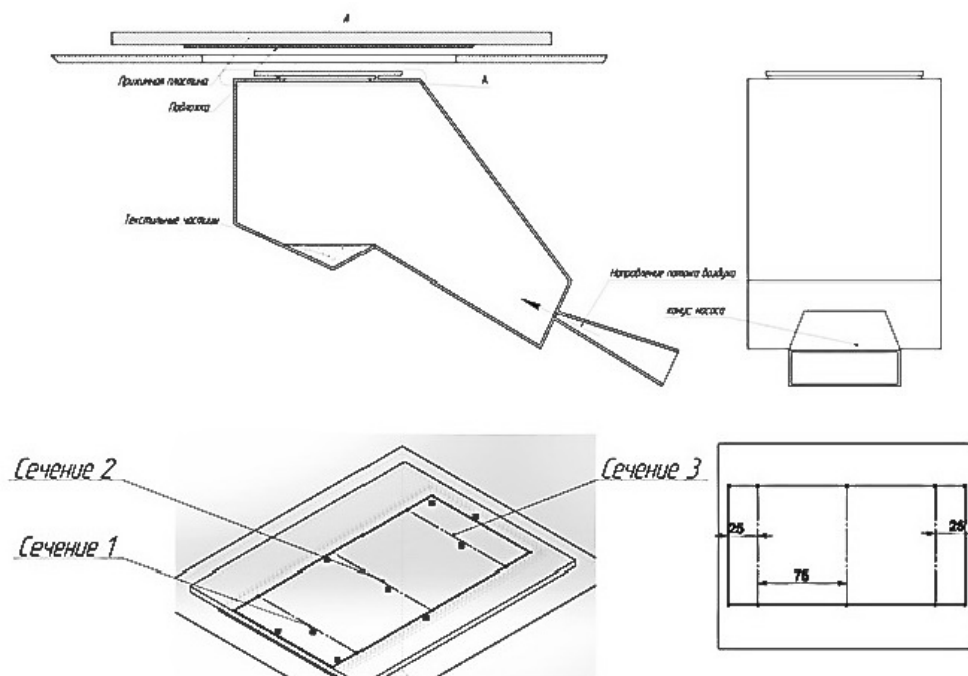


Рисунок 1 – Эскиз базового варианта бункера стенда

При такой конструкции бункера качество нанесения покрытия не удовлетворяет требованиям показателей качества. Вследствие невозможности изучения процесса аэродинамического нанесения мелкодисперсных частиц аналитическими решениями уравнений газодинамики, для определения причин и путей решения проблемы имитационное моделирование движения потока частиц проводилось в среде FlowVision, по следующим параметрам:

- полное давление;
- завихренность потока;
- скорость потока;
- плотность текучей среды.

Для большего удобства и объективности результатов по всей ширине окна принимаем три сечения, в которых будет происходить сравнение различных вариантов бункера.

По результатам исследования давления установлено (рисунок 2), что распределение крайне не равномерно, значения колеблются в пределах 600 Па и в среднем сечении образуется область низкого давления прямо под подложкой, что препятствует оседанию частиц на основу.

По результатам исследования завихрения по-

тока наблюдается неравномерность завихрения частиц и большой перепад между значениями (порядка 700 с^{-1}), в сечении 1 на подложке возникает «провисание», отклонение скоростей в сечениях составляет 15 м/с . По результатам исследования плотности текучей среды наблюдается картина неравномерности распределения потока.

Это приводит к неравномерности нанесения мелкодисперсных частиц и несоответствию требованиям показателей качества материала.

На пути движения потока мелкодисперсных частиц устанавливались уловители потока. Задержанные в них за фиксированный промежуток времени частицы выгружались и взвешивались.

Экспериментально установлено, что значительная часть частиц движется у дна бункера, распределение потока крайне не равномерно, в среднем сечении образуется область низкого давления прямо под подложкой, что является причиной возникновения «проседания» потока, который не стремится к зоне напыления. Причем доля потока мелкодисперсных частиц на дне бункера увеличивается с ростом расхода мате-

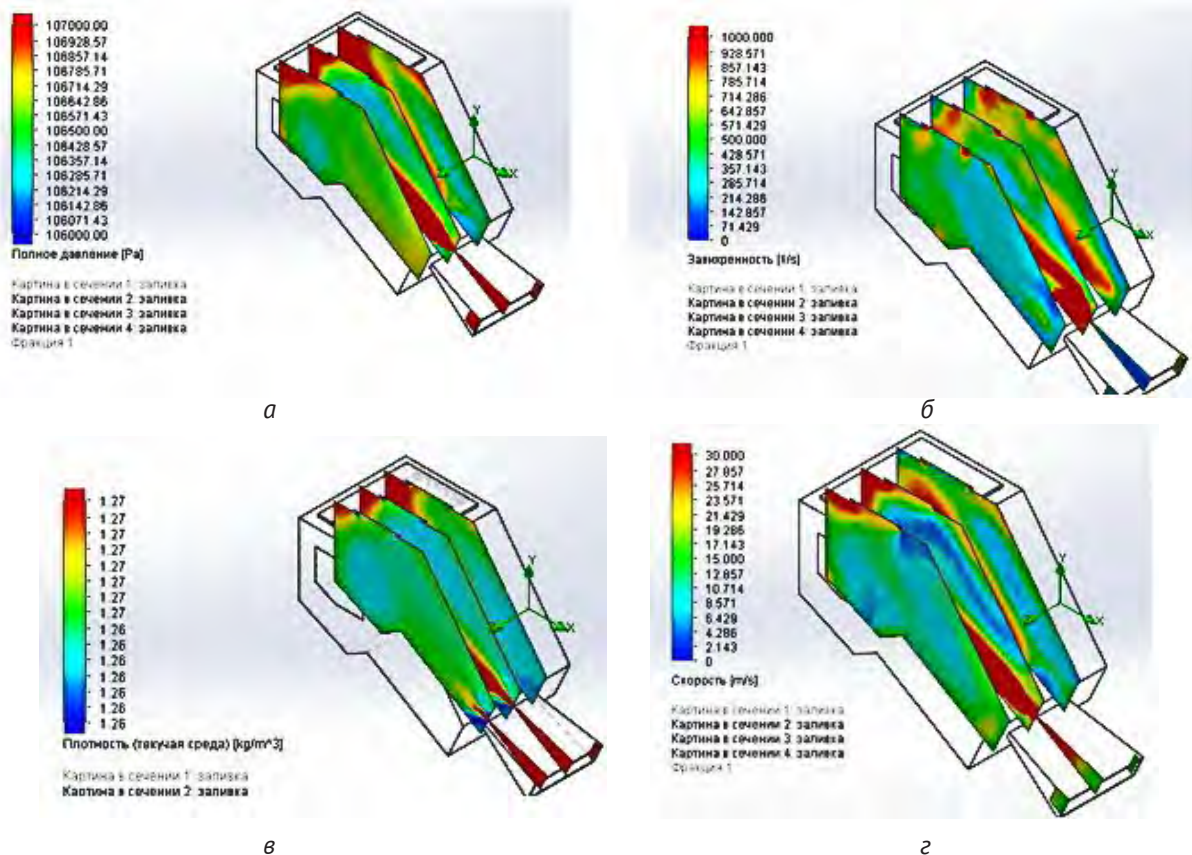


Рисунок 2 – Распределение параметров текучей среды по сечениям исходного варианта бункера: а – полное давление потока; б – завихренность потока; в – плотность потока; г – скорость потока

риала (рисунок 3).

Объясняется это наложением двух процессов, происходящих в потоке летящих частиц. Пер-

вый – скачкообразное движение частиц в результате периодического удара их о дно бункера и второй – столкновение частиц между собой.

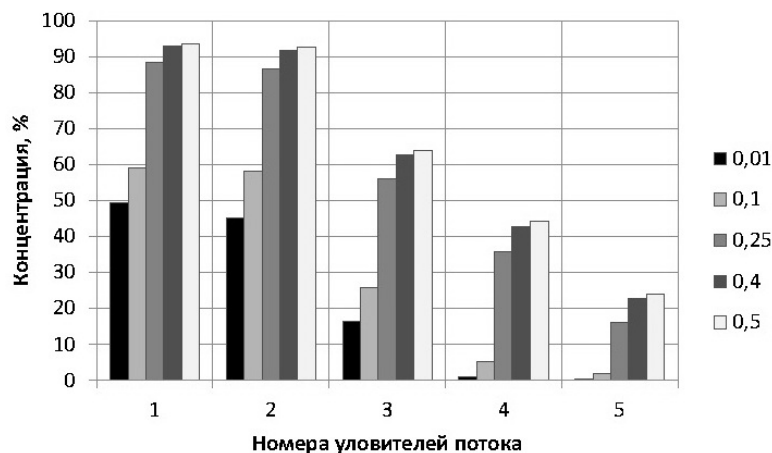


Рисунок 3 – Распределение потока мелкодисперсных частиц по высоте поперечного сечения бункера

При малых расходах материала или на достаточном удалении от входа, когда мала концентрация частиц, преимущественно проявляется скачкообразное движение частиц, соударение частиц практически не происходит. При увеличении расхода в потоке частиц наблюдается их соударение, которое проявляется настолько часто, что не каждая частица может вырваться из потока, количество вырвавшихся частиц и движущихся над потоком мало.

Зависимость осаждения и переноса мелкодисперсных частиц от расстояния и наличия сопла в начале их пути [5]: $c = c_{\text{вк}} \cdot \exp(-0.04 \cdot x^2)$.

Объемная концентрация частиц у дна бункера $c_{\text{вк}}$ подчиняется закону «неразрывности» потока:

$$c_{\text{вк}} = \frac{v_n \cdot c_n}{v_i}, \quad (2)$$

где c_n – объемная концентрация частиц в месте витания потока частиц; v_n – скорость потока в начале движения; v_i – скорость потока в рассматриваемом сечении, установленные ранее [5]: $v_{\text{кр}1} = 26,7 \text{ м/с}$; $v_{\text{кр}2} = 20,995 \text{ м/с}$; $v_{\text{кр}3} = 17,178 \text{ м/с}$; $v_{\text{кр}4} = 11,452 \text{ м/с}$; $v_{\text{кр}5} = 3,817 \text{ м/с}$.

Результаты исследования базового варианта конструкции бункера не соответствуют заданным требованиям показателей качества теплоизоляционных материалов. Произведена модернизация бункера (рисунок 5): в середине корпуса (на выходную щель) крепим направляющее сопло с профилем полусферы и щелью таких же размеров, как и изначальное.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ВАРИАНТ МОДЕРНИЗАЦИИ БУНКЕРА И СРАВНЕНИЕ С БАЗОВЫМ

По сравнению с базовой конструкцией разброс значений давления уменьшился в три раза (до 200 Па), однако присутствует неравномерность распределения потока мелкодисперсных частиц.

По результатам исследования установлено, что разность значений завихрения потока снизилась по сравнению с базовым вариантом ($с 700 \text{ с}^{-1}$ до 300 с^{-1}), но наблюдается неравномерность в районе подложки.

Разность наибольших значений скорости сократилась почти в четыре раза (до 4 м/с), скорость потока стала более равномерной. Плотность текучей среды выровнялась в зоне, близкой к подложке.

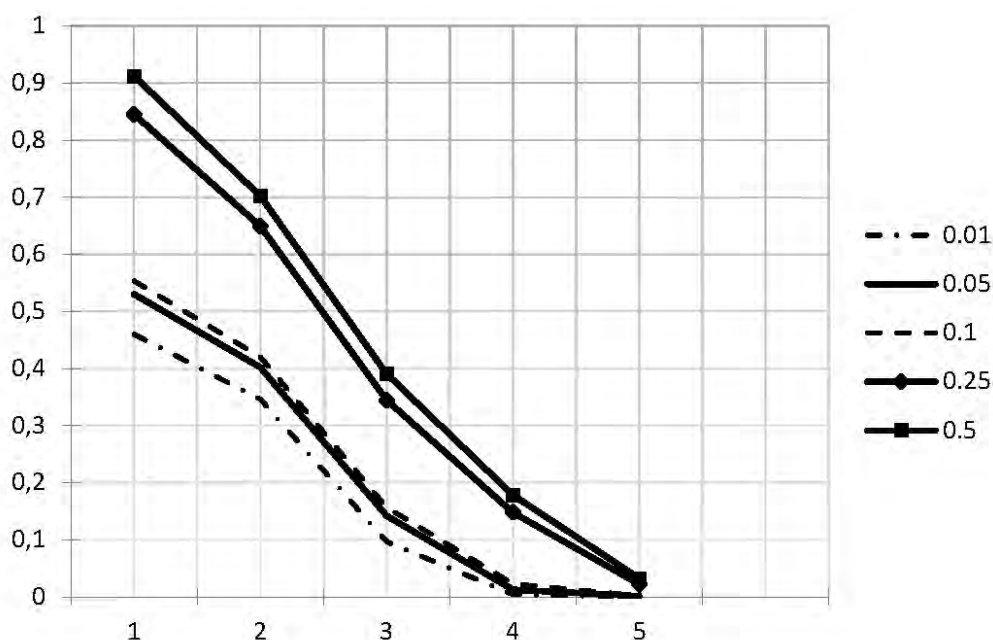
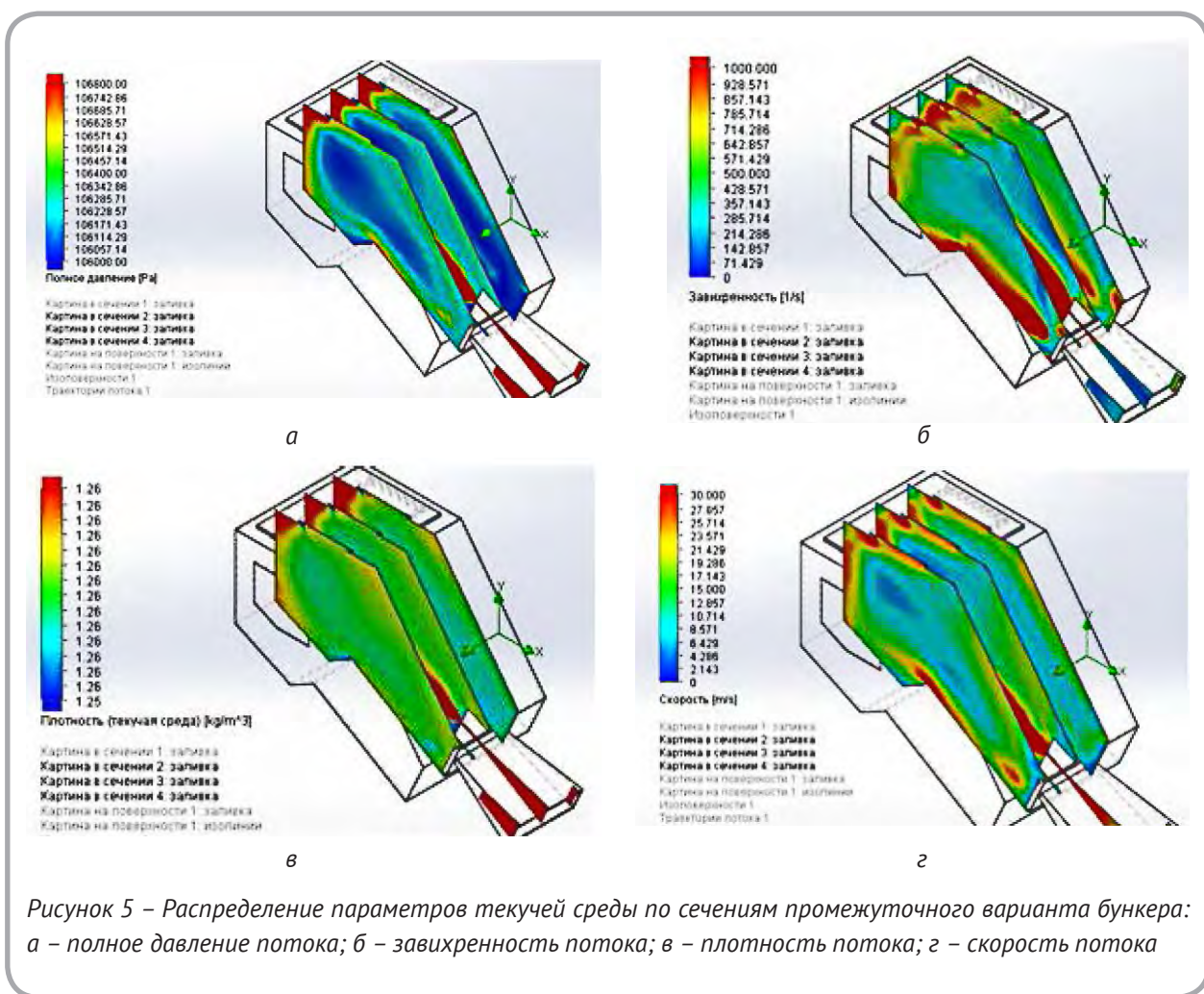


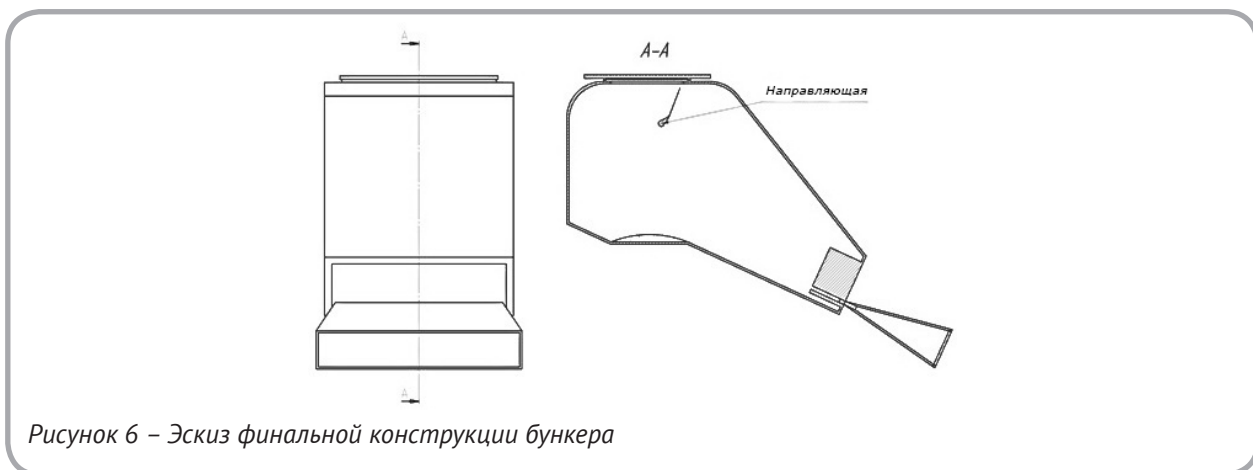
Рисунок 4 – Зависимость осаждения и переноса мелкодисперсных частиц от концентрации в области витания



По обобщенным параметрам функционирования модернизированного бункера определено, что аэродинамические параметры достигают допустимых значений, но на материале наблюдаются пустоты.

Для обеспечения нанесения покрытия без де-

фектов и устранения неравномерности в конечном варианте бункера осуществляется движение мелкодисперсных частиц в «кипящем» слое. Разработан окончательный вариант конструкции бункера, схема которого представлена на рисунке 6.



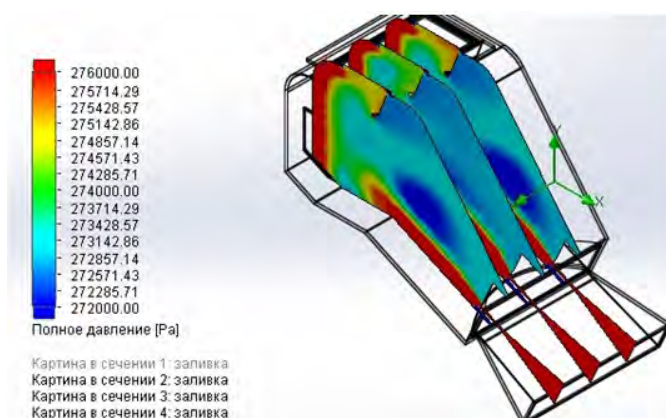


Рисунок 7 – Распределение давления по сечениям

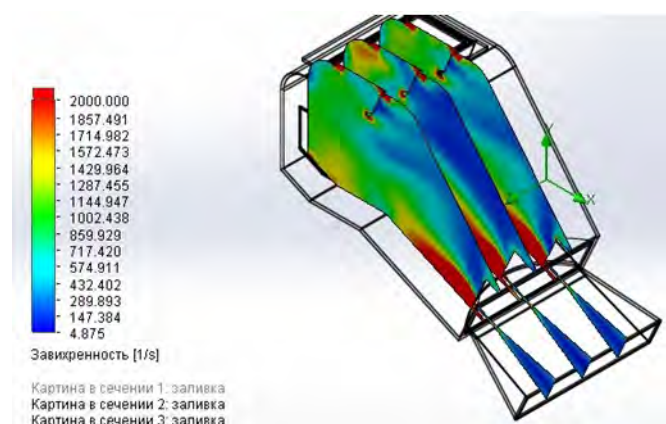


Рисунок 8 – Распределение завихренности потока по сечениям

Внесены следующие изменения: ширина щели увеличена на всю ширину бункера, щель сопла с профилем полусферы смещена относительно центра ближе к краю, изменена форма дна, выполнено скругление некоторых частей корпуса, поставлена направляющая на всю ширину бункера.

По результатам исследования установлено, что разброс значений давления остался на прежнем уровне, но его распределение по сечениям стало значительно равномернее (рисунок 7).

Разброс значений завихренности потока снизился на 50 % по сравнению с предыдущей модернизацией бункера (до 200 с^{-1}). Но осталась небольшая неравномерность, которая компен-

сируется тем, что в конечном варианте бункера присутствует «кипящий» слой (рисунок 8).

Разница скоростей потока по сечениям осталась на том же уровне, равномерность распределения потока увеличилась по сравнению с предыдущей конструкцией (рисунок 9).

Плотность текучей среды распределяется равномерно во всех сечениях, и разница значений колеблется в пределах $0,1 \text{ кг/м}^3$ (рисунок 10).

В процессе моделирования были рассмотрены различные варианты конструкций бункера, каждый последующий вариант совершенствовался исходя из недостатков предыдущей конструкции.

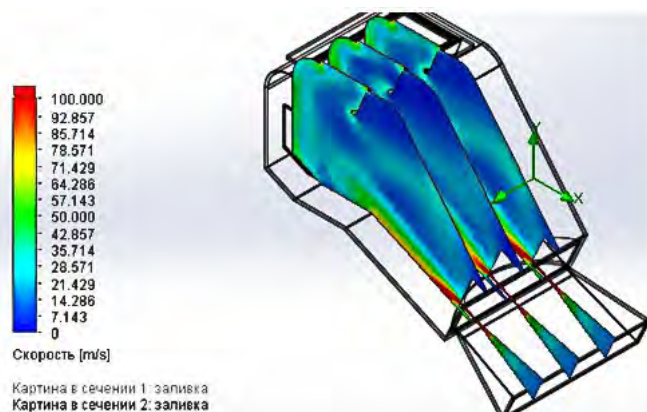


Рисунок 9 – Распределение скорости по сечениям

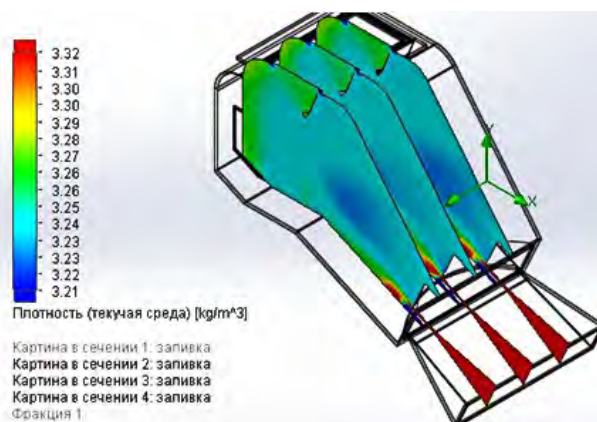


Рисунок 10 – Распределение плотности текучей среды по сечениям

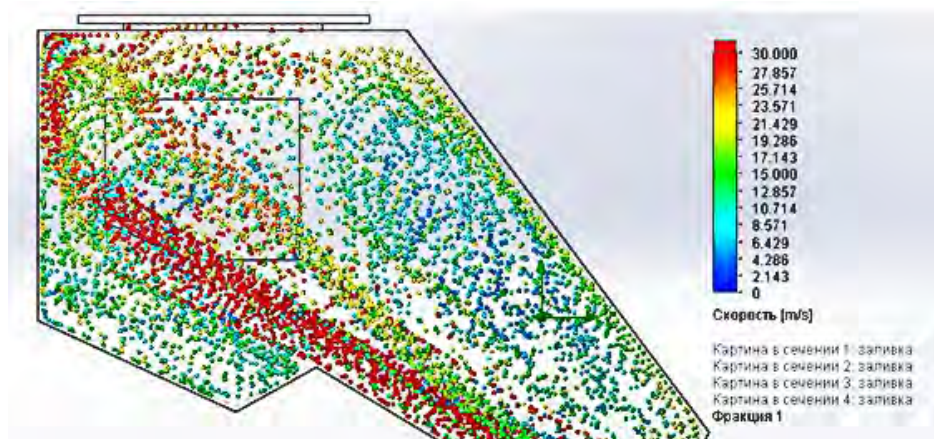


Рисунок 11 – Распределение скоростей потока частиц в бункере начальной конструкции

Произведены расчеты и сравнение результатов вычислений по аэродинамическим характеристикам потока. В последней версии конструкции бункера создали «кипящий» слой, который позволит частицам оставаться в пылевом облаке в районе подложки, что видно на рисунках 11 и 12.

Для обеспечения качества поверхности теплоизоляционных материалов на базе мелкодисперсных частиц обоснована рецептура

волокнистой массы, позволяющая уменьшить аэродинамическое сопротивление и утечки воздуха и частиц в заданном пространстве.

Разработанная конструкция бункера обеспечивает осуществление инновационной технологии аэродинамического напыления мелкодисперсных частиц и оптимальные значения показателей качества поверхности теплоизоляционных материалов.

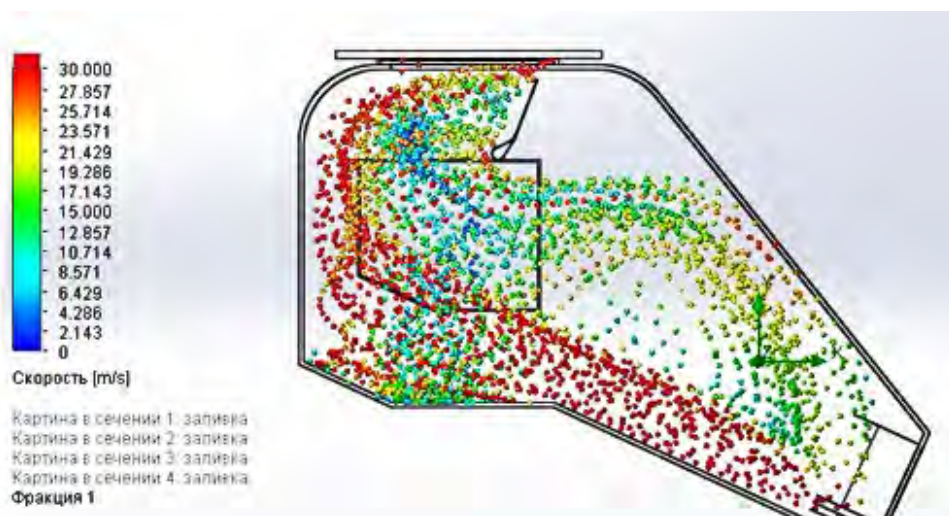


Рисунок 12 – Распределение скоростей потока частиц в бункере финальной конструкции

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вайтехович, П. Е. (1982), *Разработка и исследование вихревых массообменных аппаратов: автореф. дис.: 05.17.08*, Белорус. технол. ин-т, Минск, 18 с.
2. Иванов, О. Р. (1968), О движении мелких частиц в вертикальных циклонных реакторах, *Теоретические основы хим. технологии*, 1968, Т. 2, № 4, С. 605–608.
3. Парманчук, В. В., Ольшанский, В. И. (2014), Математическое моделирование процесса аэро-

REFERENCES

1. Vaytehovich, P. E. (1982), *Development and research of vortex mass transfer apparatus* [Razrabotka i issledovanie vihrevykh massoobmennyyh apparatov: avtoref.dis.: 05.17.08], Belorus. tehnol. in-t, Minsk, 18 p.
2. Ivanov, O. R. (1968), On the movement of small particles in vertical cyclone reactors [O dvizhenii melkih chastic v vertikal'nykh ciklonnykh reaktorah], *Theoretical foundations of chemical technology*, 1968, T. 2, № 4, pp. 605–608.

- динамического напыления мелкодисперсных частиц, *Материалы докладов IX Международной научно-технической конференции «Динамика систем, механизмов и машин»*, Омск, 2014. №3, С. 200–204.
4. Логачев, И. Н., Логачев, К. И. (2005), *Аэродинамические основы аспирации: Монография*, Санкт-Петербург, Химиздат, 659 с.
 5. Быстриков, П. А., Парманчук, В. В., Ольшанский, В. И. (2015), Аэродинамика движения частиц в закрытом пространстве, *Материалы докладов 48 Республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной Году книги*, Витебск, С. 359–361.
 3. Parmanchuk, V. V., Alshanski, V. I. (2014), Mathematical modeling of the process of aerodynamic spraying of fine particles [Matematicheskoe modelirovanie processa aero-dinamicheskogo napyleniya melkodispersnyh chastic], *Materials of reports IX of the international scientific and thehnnical conference «Dynamics of system, mechanisms and mashines»*, Omsk, 2014, № 3, pp. 200–204.
 4. Logachev, I. N., Logachev, K. I. (2005), *Aerodinamicheskie osnovy aspiracii* [Aerodynamic principles of aspiration]: Monograph, St-Peterburg, Chemistate, 659 p.
 5. Bystrikov, P. A., Parmanchuk, V. V., Alshanski, V. I. (2015), Aerodynamics of particle motion in closed space [Aerodinamika dvizheniya chastic v zakrytom prostranstve], *Materials of reports 48 Republican scientific and technical conference teachers and students, dedicated to the year of the book*, Vitebsk, pp. 359–361.

Статья поступила в редакцию 06. 11. 2020 г.

ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОДОШВ ОБУВИ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИУРЕТАНОВ

TECHNOLOGIES FOR PRODUCING MATERIALS FOR SHOE SOLE BASED ON SECONDARY POLYURETHANES

УДК 685.34.082

А.Н. Радюк*, М.А. Козлова, А.Н. Буркин

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13907>

A. Radyuk*, M. Kozlova, A. Burkin

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ПЕНОПОЛИУРЕТАН, ОТХОДЫ, ГРАНУЛЯТ, ТЕХНОЛОГИЯ, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ, СВОЙСТВА, ОЦЕНКА

Целью исследования является разработка технологий получения материалов для подошв обуви с заданным уровнем свойств на основе вторичных полиуретанов и сравнительный анализ их физико-механических и эксплуатационных показателей свойств.

Объектом исследования являются полимерные материалы (пластины) из первичных и вторичных полиуретанов.

Предмет исследования – физико-механические и эксплуатационные свойства.

В статье приведены технологии получения материалов для подошв обуви на основе первичных и вторичных полиуретанов, выбран комплекс показателей для оценки их физико-механических и эксплуатационных свойств, приведена их характеристика и методика оценки, проведены исследования свойств и анализ полученных данных, представлены результаты оценки качества материалов для подошв обуви в комплексе их показателей свойств.

Использованный метод – метод комплексной оценки качества.

Результаты работы – получены материалы для подошв обуви из первичного и вторичного пенополиуретана с уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств, достаточным для изготовления из них подошв обуви.

Область применения результатов – обувная промышленность.

ABSTRACT

POLYURETHANE FOAM, WASTE, GRANULES, TECHNOLOGY, TEST METHODS, PROPERTIES, EVALUATION

The aim of the study is to develop technologies for producing materials for shoe soles with a given level of properties based on secondary polyurethanes and a comparative analysis of their physical, mechanical and performance indicators.

The object of the research is polymer materials (plates) made of primary and secondary polyurethanes.

The subject of research is physical, mechanical and operational properties.

The method used is a comprehensive quality assessment method.

The results of the work are presented by materials for shoe soles made from primary and secondary polyurethane foam with a level of physical, mechanical and operational properties which are sufficient for making shoe soles.

The field of application of the results is the footwear industry.

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

На сегодняшний день свыше 90 % всех видов обуви изготавливается с подошвенными материалами на основе различных полимерных композиций. В Республике Беларусь на обувных предприятиях производят более 10 млн пар обуви в год. Около 40 % от этого объема производят на подошвах из полиуретана. Весь объем полиуретанов, используемых в производстве обуви, закупается за рубежом, поэтому получаемые материалы имеют высокую себестоимость, что ограничивает их применение в относительно недорогой обуви.

Высокие темпы производства и потребления полиуретанов приводят к накоплению неизбежно образующихся производственных отходов и изделий, вышедших из эксплуатации, что влечет за собой экологические и экономические проблемы [1]. В то же время полиуретаны могут быть вовлечены в производство в качестве вторичного сырья, что позволяет существенно увеличивать их жизненный цикл и способствует реализации основных положений Постановления Совета Министров Республики Беларусь № 567 «Об утверждении Национальной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года» [2].

В настоящее время все технологии переработки подразделяются на две группы: индустриальные и утилизационные. Индустриальные технологии аналогичны технологиям, применяемым для первичного сырья, а утилизационные – специальные технологии переработки вторичного сырья, в частности отходов синтетических полимеров и полимерных композиций [3]. Данные технологии позволяют осуществить переработку отходов большинства полимерных материалов, а их основные направления в наибольшей степени связаны с термомеханическим методом переработки полимерных отходов. Основными вариантами технологий по данному методу являются технологии изготовления вкладыша для низа обуви, материалов для ремонта обуви, профилактики, подошв домашней обуви, а также термопластичного материала [4, 5]. Эти технологии можно свести к общей технологической схеме, включающей сортировку и очистку, измельчение, подготовку полимерной композиции, перера-

ботку в изделие путем экструзии или гранулирования. Получение изделий в рамках технологий осуществляется посредством их вырубания из пластин материала или прессованием. Данная работа направлена на разработку определенной технологии для каждого материала для подошв обуви, отличающейся рецептурным составом, режимами переработки, технологической и аппаратурной оснащённостью ввиду различия технологических операций, заключительным этапом которых является переработка гранулята в изделия посредством литья подошвенных материалов. При этом необходимо отметить, что разрабатываемые технологии могут способствовать получению материалов с необходимым комплексом свойств, с целью чего проводится физико-химическое модифицирование материалов различной дисперсности [6], содержащих главным образом отходы полимерных материалов и сопутствующие технологические добавки.

В связи с вышесказанным, целью данной работы является разработка технологий получения материалов для подошв обуви с заданным уровнем свойств на основе вторичных полиуретанов и сравнительный анализ их физико-механических и эксплуатационных показателей свойств.

Объектом исследования являются полимерные материалы (пластины) из первичных и вторичных полиуретанов.

Предмет исследования – физико-механические и эксплуатационные свойства.

Получение материалов для подошв обуви

На большинстве обувных предприятий, выпускающих обувь, изделия из литевых полиуретанов изготавливают методом жидкого формования, совмещающего в одном процессе получение высокомолекулярного полимера и формование из него изделий [7]. Сам процесс получения полиуретановых подошвенных материалов включает следующие основные стадии:

- приготовление исходных компонентов А и Б (или получение их в готовом виде);
- подогрев и термостатирование компонентов;
- дозирование компонентов;
- смешивание компонентов в смесительной головке литьевого агрегата;
- заливка смеси в форму;
- полимеризация, вспенивание и отвержде-

ние композиции;

- извлечение изделия из формы.

Для литья подошвенных материалов из полиуретанов на предприятии ЧПУП «Обувное ремесло» используется машина итальянского производства MOD 98/D12STAZIONI/12 PAIA (рисунок 1), при этом реализуется процесс жидкого формования изделий из полиуретанов марки Huntsman-NMG под названием Norma системы N 46412.

В результате получения полиуретановых подошвенных материалов обычно образуется до 7 % различных видов отходов – литники, облой, бракованные подошвы и детали. В настоящей работе эти отходы по различным технологиям были переработаны и использовались в качестве основного компонента или в качестве части

его при изготовлении подошвенных материалов.

Материалы для подошв обуви из вторичного пенополиуретана получают по технологии, представленной на рисунке 2. В качестве основного компонента используют вторичное полиуретановое сырьё в виде отходов пенополиуретана (ППУ), дополнительные ингредиенты в композицию не вводили. Полиуретановый компонент в условиях литья под давлением обеспечивает формирование эластичной полимерной матрицы, сохраняющей основные свойства исходных полиуретанов для производства обуви. Получаемый в дальнейшем материал в таблицах 2, 4 обозначен как ППУ переработанный.

Материалы для подошв обуви из вторичного модифицированного пенополиуретана получают по технологии, представленной на рисунке 3.



Рисунок 1 – Машина для литья подошв BGM



Рисунок 2 – Схема технологии получения материалов для подошв обуви из вторичного ППУ без добавок



Рисунок 3 – Схема технологии получения материалов для подошв обуви из вторичного модифицированного ППУ

В качестве модифицирующих компонентов и для повышения технологичности переработки материала применяли дополнительные ингредиенты: масло индустриальное и стеарат кальция. С помощью масла индустриального и стеарата кальция обеспечивается пластификация полимерной матрицы с целью регулирования течения расплава, смазывание компонентов композита для облегчения их взаимного агломерирования, а также повышение устойчивости вторичных полимеров к термоокислению [8]. Получаемый в дальнейшем материал в таблицах 2, 4 обозначен как ППУ модифицированный.

На первой стадии отходы сортируются по группам и по внешнему виду. Предварительную сортировку производят, как правило, вручную на столах или ленточных конвейерах; при сортировке одновременно удаляют из отходов различные посторонние предметы и включения.

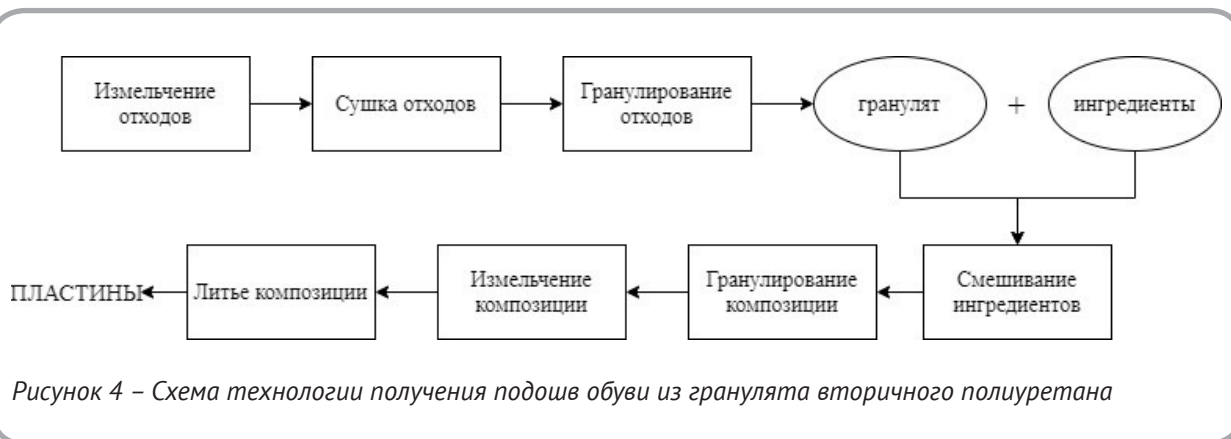
Далее отходы, прошедшие сортировку, подвергаются измельчению. Эту стадию можно определить как формирование частиц определенного размера и формы для уменьшения объема и гомогенизации потока сырья, что является необходимым условием для последующего этапа переработки. Степень измельчения определяет объемную плотность, сыпучесть и размеры частиц получаемого продукта, а ее регулирование позволяет сократить продолжительность других технологических операций [9]. В процессе измельчения отходов обеспечивалась размерность частиц в пределах 5–7 мм. Измельчение осуществляли на измельчителе универсальном роторном ИУР 200В, который предназначен для измельчения отходов полимерных и других материалов, используемых вторично.

Смешивание ингредиентов предназначено для предварительного равномерного распределения компонентов и осуществляется в лопастной мешалке. Основными требованиями к данному этапу является достижение высокой равномерности и интенсивности перемешивания.

Гранулирование является заключительной стадией подготовки вторичного сырья для последующей переработки в изделия. В процессе гранулирования происходит уплотнение материала, облегчается его дальнейшая переработка, усредняются характеристики вторичного сырья, в результате чего получают материал, который можно перерабатывать на стандартном оборудовании [10]. Гранулирование осуществляли с помощью шнекового экструдера ЭШПО-75Н4 с 4 зонами терморегуляции, механическим приводом с мощностью 5,0 кВт и при температурах от 150 °С до 165 °С.

Непосредственно перед литьем полуфабрикат дробили до размеров гранул 2–4 мм. Высушенные гранулы упаковали в герметичную приемную тару. Заключительным этапом технологического процесса является переработка гранулята в изделия. Для литья изделий использовали трехпозиционный статический литьевой агрегат SP 345-3 фирмы Main Group. Для литья подошвенных материалов использовали следующие режимы: температура 160–170 °С, давление впрыска 40–50 МПа; время впрыска 20 с; выдержка 240 с.

Материалы для подошв обуви из гранулята вторичного пенополиуретана получают по технологии, основные этапы которой представлены на рисунке 4 и описаны в работе [11].



Измельчение отходов, как и при получении материалов для подошв из вторичного полиуретана, позволяет обеспечить размерность частиц в пределах 5–7 *мм* и осуществляется на измельчителе универсальном роторном ИУР 200В.

Сушка отходов осуществляется в сушильной камере или термошкафу с принудительной конвекцией воздуха.

Гранулированию подвергают высушенный дробленый материал при отсутствии видимых следов загрязнений, без инородных включений. С целью повышения технологичности переработки материала дополнительно применяли технический вазелин, благодаря которому обеспечивается функция пластификации полимерной матрицы с целью регулирования течения расплава, а также смазывание компонентов композита с целью облегчения их взаимного агломерирования. Гранулирование осуществляли на шнековом экструдере ЭШ-80Н4 при температурах от 155 °С до 170 °С.

Далее идет подготовка ингредиентов, которая включает в себя подготовку гранулята (перед использованием подвергают сушке), пластификатора и стабилизатора, а также взвешивание ингредиентов согласно рецептурному составу. Гранулят смешивают в лопастной мешалке с другими ингредиентами согласно рецептурному составу: гранулят на основе отходов ППУ (100 мас.ч.) + масло промышленное (пластификатор композиции) 1 мас.ч. + стеарат кальция (стабилизатор композиции) 1 мас.ч. Получаемый в дальнейшем материал в таблицах 2, 4 обозначен как гранулят.

Последующие операции аналогичны операциям получения материалов для подошв обуви из вторичного полиуретана.

Материалы для подошв обуви из смеси гранулята вторичного пенополиуретана и измельченных пластин ППУ получают по технологии, представленной на рисунке 4 с изменением в том, что помимо ингредиентов, входящих в состав материалов из гранулята, в композицию вводятся измельченные частицы ППУ. Рецептурный состав включает в себя в этом случае: гранулят на основе отходов ППУ (50 мас.ч.) + пластины ППУ (50 мас.ч.) + масло промышленное (пластификатор композиции) 1 мас.ч. + стеарат кальция (стабилизатор композиции) 1 мас.ч. По-

лучаемый в дальнейшем материал в таблицах 2, 4 обозначен как микст.

В результате проведенной апробации на предприятии ЧПУП «Обувное ремесло» были получены образцы материалов для подошв обуви в виде пластин, а также проведены испытания их физико-механических и эксплуатационных свойств.

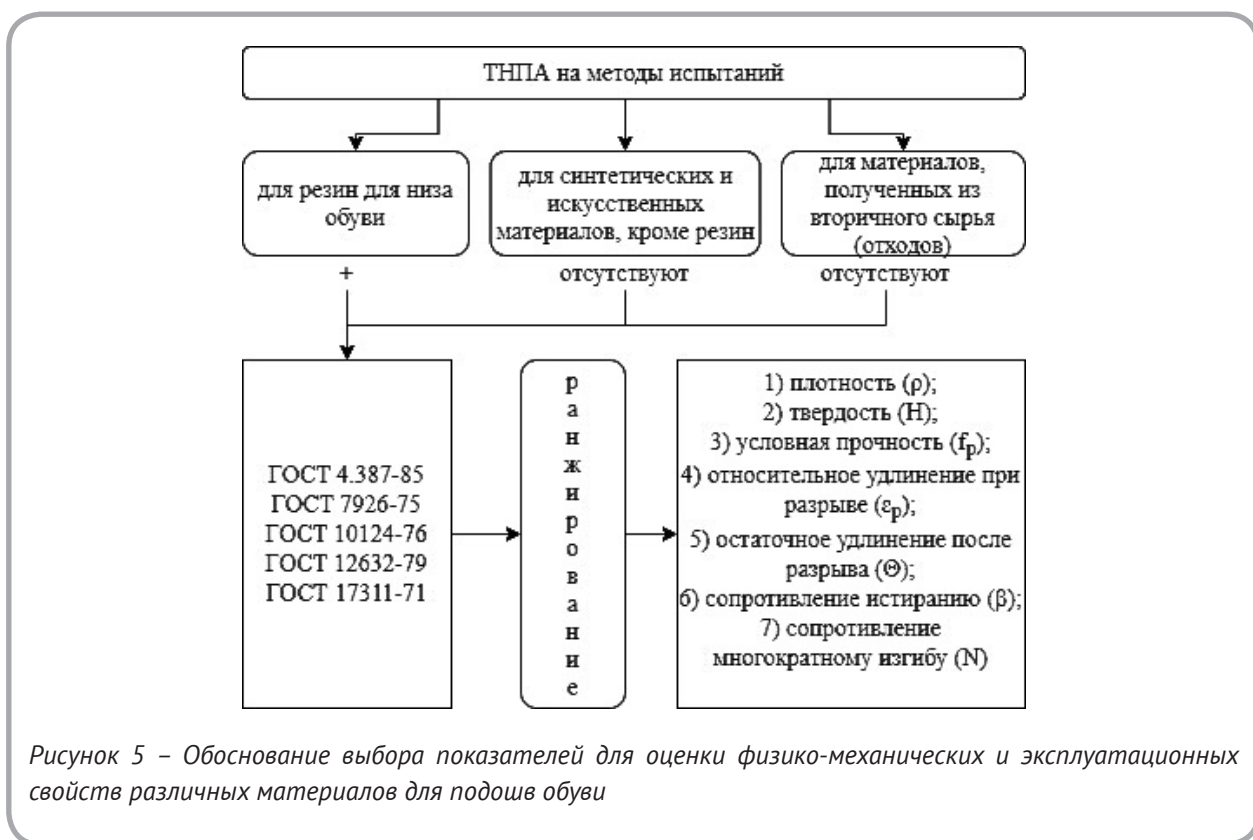
Выбор и обоснование показателей физико-механических и эксплуатационных свойств материалов для подошв обуви

Согласно ГОСТ 4.387-85 [12] основными показателями являются: условная прочность при разрыве, относительное удлинение при разрыве, относительная остаточная деформация после разрыва, толщина, коэффициент сопротивления скольжению, твердость, плотность, сопротивление многократному изгибу, морозостойкость, усадка.

Однако данные показатели не являются общепризнанными, так как в различных литературных источниках выделяют другие показатели для оценки качества материалов для низа обуви [13, 14]. Кроме того, отсутствуют технические нормативные правовые акты (ТНПА), позволяющие оценивать свойства материалов и изделий из синтетических и искусственных материалов, кроме резины [15], и устанавливающие требования к подобным материалам из отходов.

В связи с этим в работе [16] проводился анализ показателей качества материалов для низа обуви согласно действующим ТНПА. В результате проведенного анализа выделены основополагающие показатели для разных материалов для низа обуви – показатели назначения. В работе [17] было проведено априорное ранжирование. На основе данных работ был выделен набор показателей для оценки физико-механических и эксплуатационных свойств различных материалов для подошв обуви, представленный на рисунке 5.

Характеристика показателей физико-механических и эксплуатационных свойств различных материалов для подошв обуви и методика их оценки представлена в таблице 1.



Исследование и анализ физико-механических и эксплуатационных свойств материалов для подошв обуви

В производственных условиях отлили 50 пластин размерами $26,5 \times 22,8 \times 0,8$ см, из которых в дальнейшем вырубали по 3–6 образцов для каждого вида испытаний. Средние значения физико-механических и эксплуатационных показателей свойств материалов для подошв обуви из первичного и вторичного ППУ представлены в таблице 2.

Согласно требованиям, изложенным в ГОСТ 10124-76 «Пластины и детали резиновые непористые для низа обуви. Технические условия» [23], можно сделать следующие выводы:

- плотность монолитных материалов должна быть не более $1,3 \text{ г/см}^3$. Как можно заметить из таблицы 2, плотность монолитных образцов соответствует требованиям и не выходит за рамки предельных значений;
- твердость монолитных материалов должна быть в пределах $55\text{--}75 \text{ усл. ед.}$ и находиться в рамках нормируемых значений;
- условная прочность монолитных материалов должна быть не менее $4,5 \text{ МПа}$. Условная

прочность материалов для подошв обуви из переработанного ППУ без каких-либо добавок и ППУ модифицированного не соответствует нормируемым значениям, так как отклоняется от нормы на 8,67 % и 17,78 соответственно;

- относительное удлинение при разрыве монолитных материалов должно быть не менее 160 %. Удлинение материалов для подошв обуви из переработанного ППУ без каких-либо добавок не соответствует нормируемым значениям, остальные образцы находятся в рамках нормируемых значений. Для подошвенных материалов относительное удлинение при разрыве должно быть не менее 200 %. Данному значению не соответствует также материал для подошв обуви из ППУ модифицированного;

- остаточное удлинение монолитных материалов должно быть не более 20 % и соответствует вышеуказанным требованиям;

- сопротивление истиранию монолитных материалов должно быть не менее $2,5 \text{ Дж/мм}^3$. Все образцы подошв превышают значения вышеуказанных требований на 28,0–104,0 %;

- сопротивление многократному изгибу монолитных материалов должно быть не менее 30

Таблица 1 – Физико-механические и эксплуатационные показатели свойств материалов для подошв обуви

Показатель, единица измерения, ТНПА	Аппаратура	Методика	Результат
Плотность, ρ , г/см ³ , ГОСТ 267-73 [18]	Весы, линейка	Определяется путем взвешивания пластинок материалов с заданными геометрическими размерами, то есть определенного объема	$\rho = \frac{m}{V}$
Твёрдость, H , усл. ед., ГОСТ 263-75 [19]	Твёрдомер	Измеряют не менее чем в пяти точках в разных местах образца, помещая его на гладкую горизонтальную поверхность и устанавливая твердомер без толчков и ударов в перпендикулярном положении, чтобы опорная поверхность площадки соприкасалась с образцом	За результат испытания принимают среднее арифметическое всех измерений, округленное до целого числа
Условная прочность, f_p , МПа, ГОСТ 270-75 [20]	Разрывная машина, линейка, штангенциркуль	Испытание заключается в растяжении образцов с постоянной скоростью до разрыва и измерении силы при заданных удлинениях и в момент разрыва и удлинения образца в момент разрыва	$f_p = \frac{P_p}{d \cdot b_0}$
Относительное удлинение, ε_p , %, ГОСТ 270-75 [20]			$\varepsilon_p = \frac{l_p - l_0}{l_0} \cdot 100$
Остаточное удлинение, θ , %, ГОСТ 270-75 [20]			$\theta = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100$
Сопротивление истиранию, β , Дж/мм ³ , ГОСТ 426-77 [21]	Прибор МИ-2, весы	Определяется на приборе МИ-2 путем закрепления двух образцов в рамках-держателях прибора, притирания их и испытания в течение 300 с при нормальной силе на два образца, равной 26 Н (2,6 кгс)	$\beta = \frac{A}{\Delta V} \cdot K$
Сопротивление многократному изгибу, N , циклы, ГОСТ ISO 17707-2015 [22]	Установка для испытания на многократный изгиб, копые, линейка	Определяется на установке с предварительным проколом образцов. Испытание проводят до разрастания прокола более 6 мм	количество циклов

Таблица 2 – Средние значения свойств материалов для подошв обуви

Показатель	Пластина ППУ	ППУ переработанный	ППУ модифицированный	Гранулят	Микст
ρ , г/см ³	0,95	0,96	1,0	1,07	1,04
H , усл. ед.	60	67	72	55	62
f_p , МПа	6,5	3,9	3,7	5,1	5,4
ε_p , %	280	150	180	255	267
θ , %	15	8	20	12	13
β , Дж/мм ³	4,5	3,2	5,3	4,3	5,1
N , килоциклы	30	30	30	30	30

тыс. циклов. Данный показатель считается достаточно сложно оценимым, поскольку методы испытаний предполагают многократное изгибание материалов на угол 90° , что при носке изделия осуществляется крайне редко. Поэтому если материал выдерживает 30000 циклов изгиба, то этого достаточно. В связи с этим испытания по определению данного показателя заканчивались при достижении счетчика на установке значения в 30 килоциклов. Все образцы подошв соответствуют установленному нормируемому значению.

Для определения наилучших образцов материалов целесообразно рассматривать не единичные показатели, а рассмотреть образцы в комплексе всех вышеприведенных показателей физико-механических и эксплуатационных свойств.

Один из способов оценки качества материалов состоит в том, что учитывает аналогии между составом и свойствами исследуемого материала и материала, свойства которого уже известны [24]. Данный способ был взят за основу для оценки качества исследуемых образцов. На основе приведенных данных рассчитывалось отношение каждого показателя исследуемых материалов к значениям «эталона», эталон принимался за 100 %. Для комплексной оценки качества материалов использовали «многоугольник качества», для наглядного представления которого данные отображаются в виде лепестковой диаграммы. За эталон принимался материал для подошв обуви, значения свойств которого соответствуют ГОСТ 10124-76 [23] и представлены в таблице 3. На рисунке 6 приведена лепестковая диаграмма относительных показателей материалов для подошв обуви и «эталона».

Таблица 3 – Свойства «эталонного» материала для подошв обуви

Материал	Показатель						
	$\rho, \text{г/см}^3$	$H, \text{усл. ед.}$	$f_p, \text{МПа}$	$\varepsilon_p, \%$	$\Theta, \%$	$\beta, \text{Дж/мм}^3$	$N, \text{тыс. циклов}$
Монолитный	0,9–1,3	55–75	4,5	200	15	2,5	30

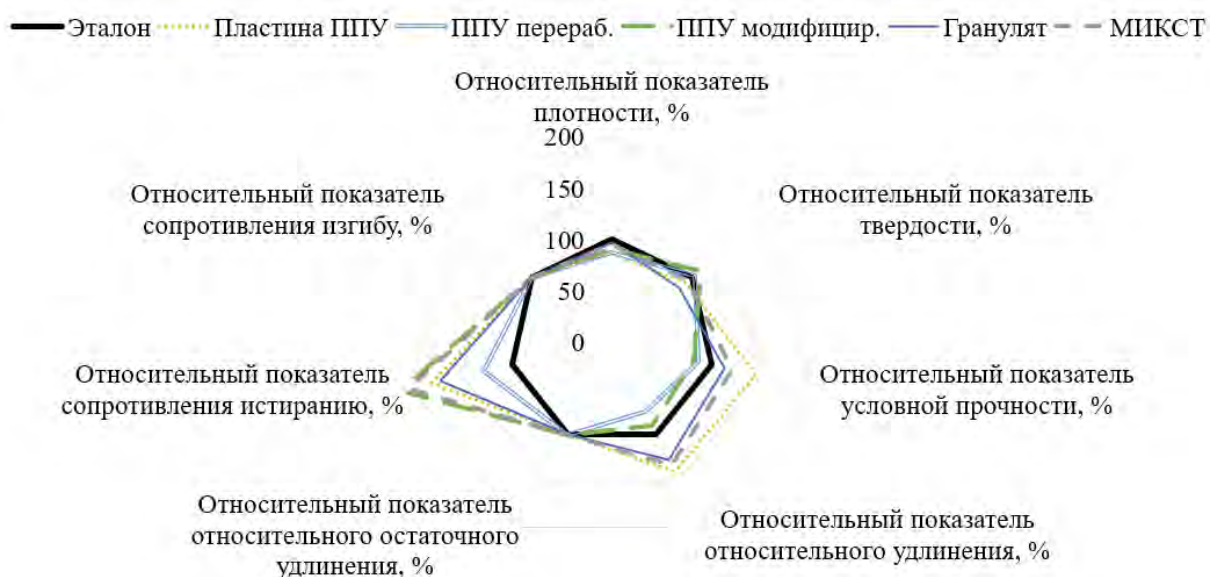


Рисунок 6 – Лепестковая диаграмма материалов для подошв обуви из первичного и вторичного сырья

Вычисленные показатели качества приведены в таблице 4.

Анализ данных таблиц 2, 4 показал, что физико-механические и эксплуатационные свойства материалов для подошв обуви с использованием отходов ППУ вполне соответствуют свойствам материалов, применяемых для низа обуви. Они могут быть использованы в качестве подошвенных и набоечных материалов.

Полученные результаты оценки качества свидетельствуют о том, что наилучшими свойствами обладают материалы, полученные из первичного ППУ и из смеси гранулята вторичного ППУ и первичного ППУ (микст), а также из гранулята вторичного ППУ. Данное обстоятельство, по нашему мнению, связано с рецептурно-технологическими особенностями гранулята: все гранулы отходов ППУ имеют одну конфигурацию и состав, получают посредством двухразового дробления и гранулирования, содержат модификаторы в виде пластификатора и стабилизатора.

Таким образом, в результате работы по приведенным технологиям получены материалы для подошв обуви на основе первичных и вторичных ППУ, проведен анализ их физико-механических и эксплуатационных показателей свойств по требованиям, изложенным в ГОСТ 10124-76. Полученные значения показателя качества материалов для подошв обуви на основе вторичных ППУ варьируются от 94,7 % до 143,0 % и составляют 143,1 % для подошв обуви на основе первичных ППУ. При этом необходимо отметить, что все значения показателя качества выше «эталонного» материала, показатели качества пластины ППУ и микста практически равны, а показатель качества ППУ переработанного уступает «эталонному» материалу на 5,3 %. Это свидетельствуют о том, что полученные материалы для подошв обуви из вторичного ППУ обладают достаточными физико-механическими и эксплуатационными свойствами и поэтому могут быть использованы для производства подошв повседневной и домашней обуви в случае переработанного ППУ.

Таблица 4 – Значения интегральных показателей качества

	Пластина ППУ	ППУ переработанный	ППУ модифицированный	Гранулят	Микст	Эталон
Площадь лепестковой диаграммы	39155,7	25900,7	34036,5	34849,3	39126,3	27364,1
Показатель качества, %	143,1	94,7	124,4	127,4	143,0	100,0

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Галимзянова, А. Р., Демченко, И. Г., Романов, Д. А., Бакирова, И. Н., Зенитова, Л. А. (2001), Вторичные полиолы для синтеза полиуретанов, *Труды научно-практ. конф. «Производство и применение эластомерных материалов в строительстве»*, Казань, 2001, С. 45–53.
2. Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике

REFERENCES

1. Galimzyanova, A. R., Demchenko, I. G., Romanov, D. A., Bakirova, I. N., Zenitova, L. A. (2001), Secondary polyols for the synthesis of polyurethanes [Vtorichnye polioly dlja sinteza poliuretanov], *Proceedings of the scientific and practical conference "Production and application of elastomeric materials in construction"*, Kazan, 2001, pp. 45–53.
2. National strategy for the management of solid municipal waste and secondary material resources in the Republic of Belarus for the period up to

- Беларусь на период до 2035 года, режим доступа: <http://www.government.by/upload/docs/filea1a9a20a06fc7fe5.PDF> (дата доступа 25 октября 2020).
3. Лотош, В. Е. (2000), *Экология природопользования*, Из-во Ур. гос. эконом. ун-та, 540 с.
 4. Буркин, А. Н., Матвеев, К. С., Смелков, В. К., Солтовец, Г. Н. (2001), *Обувные материалы из отходов пенополиуретанов*, Витебск, 173 с.
 5. Буркин, А. Н., Матвеев, К. С., Смелков, В. К. (2000), *Переработка твердых отходов обувных предприятий г. Витебска*, Витебск, 118 с.
 6. Кочнев, А. М., Галибеев, С. С. (2008), *Модификация полимеров*, Казань, Казан. гос. технол. ун-т, 533 с.
 7. Карабанов, П. С. (2008), *Полимерные материалы для деталей низа обуви*, Москва: КолосС, 167 с.
 8. Прохоров, В. Т., Грецкая, Л. Г., Тартанов, А. А., Тихонова, Н. В., Козаченко, П. Н. (2014), О преимуществах нанотехнологий при формировании экологически безопасных композиций для литья низа обуви (сообщение 1), *Вестник Казан. технол. ун-та*, 2014, № 13, С. 146–151.
 9. Суворова, А. И. (2008), *Вторичная переработка полимеров и создание экологически чистых полимерных материалов*, Гос. образоват. учр. высшего профессионального образования «Уральский гос. ун-т им. А.М. Горького», Екатеринбург, 126 с.
 10. Клинков, А. С., Беляев, П. С., Соколов, М. В. (2005), *Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов: учебное пособие*, Тамбов, Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 80 с.
 11. Радюк, А. Н., Козлова, М. А., Буркин, А. Н. (2020), Получение гранулята из отходов пенополиуретанов, Якість та товарознавча характеристика товарів різного функціонального призначення, *Матеріали Всеукр. наук.-практ. Інтернетконф. студентів і молодих учених*, Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2020, С. 49–52.
 - 2035 [Nacional'naja strategija po obrashheniju s tverdymi 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 25 November 2020).
 3. Lotosh, V. E. (2000), *Jekologija prirodopol'zovanija* [Ecology of nature management], Iz-vo Ur. gos. jekonom. un-ta, 540 p.
 4. Burkin, A. N., Matveev, K. S., Smelkov, V. K., Soltovets, G. N. (2001), *Obuvnye materialy iz othodov penopol'iuretanov* [Shoe materials from waste polyurethane foams], Vitebsk, 173 p.
 5. Burkin, A. N., Matveev, K. S., Smelkov, V. K. (2000), *Pererabotka tverdyh othodov obuvnyh predpriyatij g. Vitebska* [Processing of solid waste of footwear enterprises of Vitebsk], Vitebsk, 118 p.
 6. Kochnev, A. M., Galibeev, S. S. (2008), *Modifikacija polimerov* [Modification of polymers], Kazan, Kazan state technol. university, 533 p.
 7. Karabanov, P. S. (2008), *Polimernye materialy dlja detalej niza obuvi* [Polymer materials for the details of the bottom of the shoe], M.: KolosS, 167 p.
 8. Prokhorov, V. T., Gretskaia, L. G., Tartanov, A. A., Tikhonova, N. V., Kozachenko, P. N. (2014), On the advantages of nanotechnologies in the formation of environmentally safe compositions for casting the bottom of shoes (message 1) [O preimushhestvah nanotekhnologij pri formirovanii jekologicheski bezopasnyh kompozicij dlja lit'ja niza obuvi (soobshhenie 1)], *Vestnik Kazan. tehnol. un-ta – Vestnik Kazan. technol. University*, 2014, № 13, pp. 146–151.
 9. Suvorova, A. I. (2008), *Vtorichnaja pererabotka polimerov i sozdanie jekologicheski chistyh polimernyh materialov* [Recycling of polymers and creation of environmentally friendly polymer materials], State educational institution of higher professional education. education" Ural state.

12. ГОСТ 4.387-85. Система показателей качества продукции. Материалы синтетические для низа обуви. Номенклатура показателей, Введ. 1987-01-01, Министерство легкой промышленности СССР, Минск, 1985, 12 с.
13. Справочник обувщика: Проектирование обуви, материалы (1988), М.: Легпромбытиздат, 432 с.
14. Зурабян, К. М., Краснов, Б. Я., Бернштейн, М. М. (1988), *Материаловедение изделий из кожи: учеб. для вузов*, М.; Легпромбытиздат, 416 с.
15. ГОСТ 7926-75. Резина для низа обуви. Методы испытаний, Введ. 1975-07-01, Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, Минск, 1992, 8 с.
16. Радюк, А. Н., Цобанова, Н. В. (2017), Анализ показателей качества материалов для низа обуви, Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности, *Материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной Году науки*, Витебск, 2017, С. 290–292.
17. Радюк, А. Н. (2016), Обоснование показателей свойств материалов для оптимизации технологического процесса переработки отходов полиуретана, Моделирование в технике и экономике, *Сборник материалов докладов международной научно-практической конференции*, Витебск, 2016, С. 148–150.
18. ГОСТ 267-73. Резина. Методы определения плотности, Введ. 1975-01-01, ИПК Издательство стандартов, Москва, 2001, 5 с.
19. ГОСТ 263-75. Резина. Метод определения твердости по Шору А, Введ. 1977-01-01, Издательство стандартов, Москва, 1989, 5 с.
20. ГОСТ 270–75. Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении, Введ. 1978-01-01, Стандартинформ, Москва, 2008, 10 с.
21. ГОСТ 426-77. Резина. Метод определения со-
- Gorky state University", Yekaterinburg, 126 p.
10. Klinkov, A. S., Belyaev, P. S., Sokolov, M. V. (2005), *Utilizacija i vtorichnaja pererabotka polimernih materialov: uchebnoe posobie* [Utilization and recycling of polymer materials: textbook], Tambov, Publishing house of Tambov state technical University, 80 p.
11. Radyuk, A. N., Kozlova, M. A., Burkin, A. N. (2020), Obtaining granulate from polyurethane foam waste [Poluchenie granuljata iz othodov penopoliretanov], Quality and commodity science characteristics of goods of various functional purposes, *Materials of all-Ukrainian science-practice. Internetconf. students and young scientists*, Kherson, 2020, pp. 49–52.
12. GOST 4.387-85. The system of indicators of product quality. Synthetic materials for the bottom of the Shoe. Nomenclature of indicators, Vved. 1987-01-01, Ministerstvo legkoj promyshlennosti SSSR, Minsk, 1985, 12 s.
13. Spravochnik obuvshhika: Proektirovanie obuvi, materialy [Shoemaker's Handbook: Shoe Design, materials] (1988), М.: Legprombytizdat, 432 p.
14. Zurabjan, K. M., Krasnov, B. Ja., Bernshtejn, M. M. (1988), *Materialovedenie izdelij iz kozhi* [Materials science of leather products], М.; Legprombytizdat, 416 p.
15. GOST 7926-75. Rubber for the bottom of the Shoe. Test method, Vved. 1975-07-01, Gosudarstvennyj komitet po standartizacii Respubliki Belarus', Minsk, 1992, 8 s.
16. Radjuk, A. N., Cobanova, N. V. (2017), Analysis of quality indicators of materials for the bottom of shoes [Analiz pokazatelej kachestva materialov dlja niza obuvi], Innovacionnye tehnologii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti, *Materialy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, posvjashhennoj Godu nauki*, Vitebsk, 2017, pp. 290–292.

- противления истиранию при скольжении, Введ. 1978-01-01, ИПК Издательство стандартов, Москва, 2002, 6 с.
22. ГОСТ ISO 17707–2015. *Обувь. Методы испытаний подошв. Сопротивление многократному изгибу*, Введ. 2017-07-01., Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, Минск, 2017, 12 с.
 23. ГОСТ 10124-76. *Пластины и детали резиновые непористые для низа обуви. Технические условия*, Взамен ГОСТ 10124-62 и ГОСТ 385-62; Введ. 1977-01-01, Государственный комитет СССР по стандартам, Москва, 1977, 19 с.
 24. Парвицкая, Д. Т., Шустов, Ю. С., Буланов, Я. И., Курденкова, А. В. (2019), Комплексная оценка качества тканей с мембранным покрытием, *Вестник науки и образования*, 2019, № 11-1 (65), С. 18–21.
 17. Radjuk, A. N. (2016), Justification of indicators of properties of materials for optimization of technological process of processing of waste of polyurethane [Obosnovanie pokazatelej svojstv materialov dlja optimizacii tehnologicheskogo processa pererabotki othodov poliuretana], *Modelirovanie v tehnike i jekonomike, Sbornik materialov dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, Vitebsk, 2016, pp. 148–150.
 18. GOST 267-73. *Rubber. Methods for determining the density*, Vved. 1975-01-01, IPK Izdatel'stvo standartov, Moscow, 2001, 5 p.
 19. GOST 263-75. *Rubber. Method for the determination of hardness Shore A*, Vved. 1977-01-01, Izdatel'stvo standartov, Moscow, 1989, 5 p.
 20. GOST 270-75. *Rubber. Method for the determination of elastic strength properties under tension*, Vved. 1978-01-01, Standardinform, Moscow, 2008, 10 p.
 21. GOST 426-77. *Rubber. Method for determining abrasion resistance during slip*, Vved. 1978-01-01, IPK Izdatel'stvo standartov, Moscow, 2002, 6 p.
 22. GOST ISO 17707-2015. *Footwear. Test methods for soles. Resistance to repeated bending*, Vved. 2017-07-01, Gosudarstvennyj komitet po standartizacii Respubliki Belarus', Minsk, 2017, 12 p.
 23. GOST 10124-76. *Non-porous rubber plates and parts for shoe bottoms. Technical conditions*, Instead of Standard 10124-62 and Standard 385-62; vved. 1977-01-01, USSR State Committee for Standards, Moscow, 1977, 19 p.
 24. Parvickaja, D. T., Shustov, Ju. S., Bulanov, Ja. I., Kurdenkova, A. V. (2019), Comprehensive assessment of the quality of membrane-coated fabrics [Kompleksnaja ocenka kachestva tkanej s membrannym pokrytiem], *Vestnik nauki i obrazovaniya – Bulletin of science and education*, 2019, № 11-1 (65), pp. 18–21.

Статья поступила в редакцию 13. 11. 2020 г.

ВНУТРЕННИЕ УСИЛИЯ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СТЕЛЕЧНОГО УЗЛА ОБУВИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НАГРУЗКИ

INTERNAL STRESSES AND MOVEMENTS OF THE ASSEMBLED SHOES INSOLE UNDER THE INFLUENCE OF LOAD

УДК 685.34.017.35

Г.Н. Федосеев, Т.М. Борисова*

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13908>

G. Fedoseev, T. Borisova*

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ЭЛЕМЕНТ БАЛКИ, УПРУГАЯ СВЯЗЬ, ПЕРЕМЕЩЕНИЯ, ВНУТРЕННИЕ УСИЛИЯ, ВЕКТОР-СТОЛБЕЦ, ТРАНСПОНИРОВАНИЕ, МАТРИЦА ЖЁСТКОСТИ

В статье рассматривается алгоритм определения деформированного состояния балки, моделирующей стелечный узел обуви, позволяющий найти внутренние усилия (поперечные силы и изгибающие моменты), а также упругие перемещения (прогибы и углы поворота поперечных сечений) под действием сосредоточенных сил в условиях кусочно-линейной жёсткости поперечных сечений упругих связей (трапеций в плане).

Поставленная задача решается исходя из принципа виртуальных перемещений. На базе алгебры матриц связываются векторы-столбцы заданных сосредоточенных сил и моментов с внутренними усилиями.

Последние выражаются посредством матрицы жёсткости через деформации, а деформации – через перемещения. Как результат получаем уравнения равновесия в перемещениях.

Матрицы жёсткости строятся путём интегрирования приближенных дифференциальных уравнений упругих связей с переменной по длине жёсткостью (изменяющейся по линейному закону).

Результаты работы могут использоваться при анализе деформированного состояния низа обуви. При этом может решаться как прямая задача определения перемещений при заданных силовых факторах, так и обратная (возможно, более важная) подбора жёсткостей поперечных сечений стелечного узла, обеспечивающих заданные перемещения.

ABSTRACT

ELEMENT OF THE BEAM, ELASTIC JOINT, MOVEMENT, INTERNAL EFFORTS, VECTOR-COLUMN, TRANSPOSE, STIFFNESS MATRIX

The article describes the development of algorithms that always allow dealing with deformed states of systems. These systems include assembled shoe insoles. As a model, the author used an elastic beam loaded with concentrated forces (and, possibly, concentrated moments). The relatively smooth outlines of the assembled insoles are replaced by a broken outline. Infinitely small load-bearing elements are represented by assembled insoles connected by trapezoidal elastic bonds. Integration of approximate differential equations of plane bends resulted in the final construction of mathematical equations.

Algebra made it possible to compactly formulate the equilibrium equations connecting the rear force factors. Recent changes in the matrix reflect the relationship between internal forces and deformations.

However, the task of displacements finding is simplified.

As a result, a matrix algorithm was found that allows not only to find the stress-strain state of the node trunk, but also to solve the problem of selecting its sections that provide the required displacements.

The article describes an example of determining the deflections and rotation angles of a pinched assembled insole. The calculation results are comparable with experimental data.

* E-mail: borisova@vstu.by (T. Borisova)

Известно, что в обуви с каблуком для обеспечения надёжной опоры своду стопы, обеспечения правильного положения стопы в процессе ходьбы, геленочная часть обуви (особенно с увеличением высоты каблука) должна обладать определенной жесткостью и оказывать сопротивление оказываемым нагрузкам.

Для обеспечения объективной оценки качества стелечных узлов обуви, а также для прогнозирования величины прогибов геленочной части стелечного узла при эксплуатации, необходима разработка методики расчёта, позволяющей найти внутренние усилия (поперечные силы и изгибающие моменты), а также упругие перемещения стелечного узла обуви под воздействием нагрузки.

Авторами [1] была разработана расчётная схема несущей конструкции женской обуви, в которой геленочная часть обуви была представлена балкой. Нагрузки, действующие на геленочную часть обуви, заменили более простой и удобной для расчёта схемой. Разработанная ме-

тодика была проверена на экспериментальном образце, анализ результатов показал, что теоретическая модель низа женской обуви позволяет с точностью только до 15 % оценивать прогибы геленочной части низа обуви.

Таким образом, целью данной работы являлась разработка алгоритма определения деформированного состояния стелечного узла обуви, который позволит с достаточной степенью точности определять прогибы (перемещения) стелечного узла обуви под воздействием нагрузки, что даст возможность осуществить рациональный подбор материалов для стелечного узла ещё на этапе конструкторско-технологической подготовки производства обуви.

При разработке методики расчёта внутренних усилий и перемещений стелечного узла для низа обуви необходимо составить и обосновать расчетную схему нагружения. Стелечный узел в обуви представим балкой с кусочно-линейной жёсткостью, нагруженной сосредоточенными силами и моментами (рисунок 1).

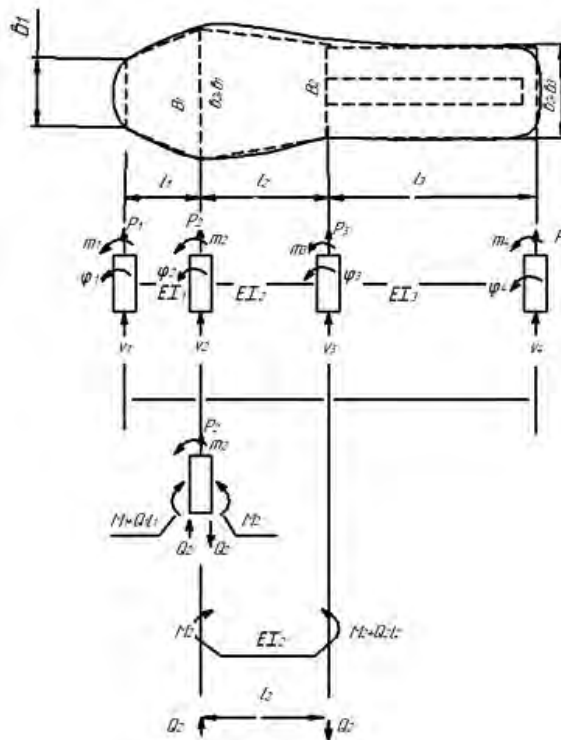


Рисунок 1 – Несущие элементы с упругими связями

Следуя принципу виртуальных перемещений [2, с. 448], напомним уравнение

$$\sum_{k=1}^n P_k \delta v_k - \sum_{l=1}^m M_l \delta(\Delta v_l) = 0, \quad (1)$$

или

$$\vec{P}^T \cdot \delta \vec{v} - \vec{M}^T \delta(\Delta \vec{v}) = 0.$$

В уравнении (1) введены матричные векторы-столбцы (2) заданных сил; внутренних сил; перемещений бесконечно коротких элементов, выделенных из балки; деформаций упругих связей между ними.

$$\vec{P} = \begin{bmatrix} P_1 \\ m_1 \\ P_2 \\ m_2 \\ \vdots \\ P_n \\ m_n \end{bmatrix}, \vec{M} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \\ Q_2 \\ M_2 \\ \vdots \\ Q_m \\ M_m \end{bmatrix}, \vec{v} = \begin{bmatrix} v_1 \\ \varphi_1 \\ v_2 \\ \varphi_2 \\ \vdots \\ v_n \\ \varphi_n \end{bmatrix}, \Delta \vec{v} = \begin{bmatrix} \Delta v_1 \\ \Delta \varphi_1 \\ \Delta v_2 \\ \Delta \varphi_2 \\ \vdots \\ \Delta v_m \\ \Delta \varphi_m \end{bmatrix} \quad (2)$$

Деформации связаны с перемещениями:

$$\Delta \vec{v} = A \vec{v}, \quad (3)$$

их вариации

$$\delta(\Delta \vec{v}) = A \delta \vec{v}. \quad (4)$$

Используя вариации (4) в уравнении (2) и транспонируя его, получим

$$\Delta \vec{v}^T (\vec{P} - A^T \vec{M}) = 0,$$

откуда следуют уравнения равновесия

$$A^T \vec{M} = \vec{P}, \quad (5)$$

и уравнение равновесия в перемещениях

$$A^T (C \Delta \vec{v}) = (A^T C A) \vec{v} = \vec{P}, \quad (6)$$

где использовался закон Гука с матрицей жёсткости C

$$\vec{M} = C \Delta \vec{v}.$$

Матрицы A (3) и A^T (5) взаимно транспонированы.

Заметим: матрицу A^T в уравнениях равновесия элементов балки (5) можно получить, составляя их обычным образом как уравнения проекций и моментов (рисунок 1); соответственно получаются выражения для деформаций (3), то есть, в конечном счёте, уравнения для перемещений

$$\vec{M} = C A \vec{v}. \quad (7)$$

Для примера рассмотрим балку с тремя элементами на рисунке 1. Уравнения равновесия её трех элементов (5)

$$\begin{cases} P_1 = Q_1, \\ m_1 = -M_1, \\ P_2 = -Q_1 + Q_2, \\ m_2 = Q_1 l_1 + M_1 - M_2, \\ P_3 = -Q_2, \\ m_3 = Q_2 l_2 + M_2; \end{cases}$$

их матрица

$$A^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ l_1 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & l_2 & 1 \end{bmatrix}.$$

Деформации (3)

$$v'' = \frac{M_x}{EI_x} = \frac{M_0 + Q_0 z}{EI_x}, \quad (9)$$

где жёсткость текущего поперечного сечения

$$EI_x = E \frac{b(z)h^3}{12} = EI_0 [\beta + (1-\beta)k]$$

и введены обозначения

$$\Delta \vec{v} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & l_1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & l_2 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \varphi_1 \\ v_2 \\ \varphi_2 \\ v_3 \\ \varphi_3 \end{bmatrix} \begin{cases} \Delta v_1 = v_1 - v_2 + \varphi_2 l_1, \\ \Delta \varphi_1 = (-\varphi_1 + \varphi_2), \\ \Delta v_2 = v_2 - v_3 + \varphi_3 l_2, \\ \Delta \varphi_2 = (-\varphi_2 + \varphi_3). \end{cases} \quad (8)$$

Найдём теперь матрицу жесткости в законе (7).

Проинтегрируем дифференциальное уравнение упругой кривой трапецевидной упругой связи (рисунок 2)

$$\beta = \frac{b}{B}, k = \frac{z}{l}, I_0 = \frac{Bh^3}{12}. \quad (10)$$

Дифференциальное уравнение (9) принимает в обозначениях (10) вид

$$\frac{d^2 v}{dk^2} = \frac{M_0 l^2}{EI_0 (1-\beta)} \cdot \frac{\gamma}{1+\gamma k} + \frac{Q_0 l^3}{EI_0} \cdot \frac{\gamma k}{1+\gamma k}, \quad \gamma = \frac{1-\beta}{\beta}. \quad (11)$$

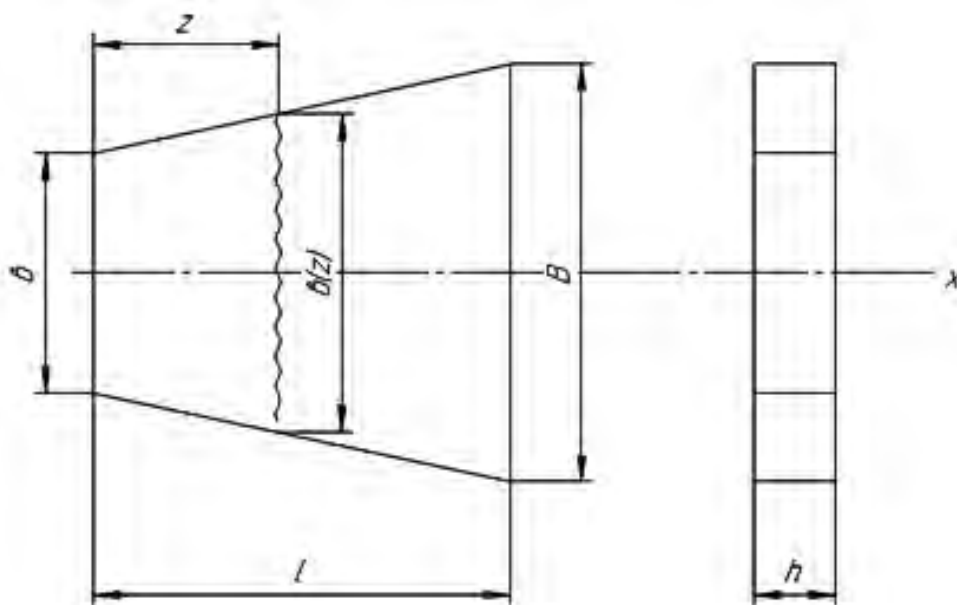


Рисунок 2 – Упругая связь соседних элементов балки

После интегрирования уравнения (11)

$$\varphi l = \frac{dv}{dk} = \frac{M_0 l^2}{EI_0(1-\beta)} [\ln(1+\gamma k)] + \frac{Q_0 l^3}{EI_0(1-\beta)} \left[k - \frac{1}{\gamma} \ln(1+\gamma k) \right] + C. \quad (12)$$

Постоянную интегрирования в формуле (12) найдём из начального условия $\varphi(z=0) = \varphi l(k=0) = \varphi_0 l : C = \varphi_0 l$.

После второго интегрирования с подстановкой начального условия $v(z=0) = v_0$ получим выражение

$$v = \frac{M_0 l^2}{EI_0(1-\beta)} \left[\frac{1+\gamma k}{\gamma} \ln(1+\gamma k) - k \right] + \frac{Q_0 l^3}{EI_0(1-\beta)} \left[\frac{1}{2} k^2 - \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{1+\gamma k}{\gamma} \ln(1+\gamma k) + \frac{k}{\gamma} \right] + \varphi_0 l k + v_0. \quad (13)$$

Заметим: в случае балки с кусочно-постоянной жёсткостью формулы (12, 13) получают вид (в результате предельного перехода по Лопиталю при $\beta \rightarrow 1, \gamma \rightarrow 0$), известный как решение, полученное методом начальных параметров [3, с. 337].

Располагая формулами (12, 13), найдём в начале выражения для деформаций (8) (полагая в указанных формулах $k=1$). Выразим угол поворота и перемещение, например, элемента 2 (рис. 1):

$$EI_{01}(1-\beta_1)v_2 = EI_{01}(1-\beta_1)v_1 + EI_{01}(1-\beta_1)\varphi_1 l_1 + Q_1 l_1^3 \left[\frac{1}{2} - \frac{1+\gamma}{\gamma^2} \ln(1+\gamma) + \frac{1}{\gamma} \right] + M_1 l_1^2 \left[\frac{1+\gamma}{\gamma} \ln(1+\gamma) - 1 \right],$$

$$EI_{01}(1-\beta_1)\varphi_2 = EI_{01}(1-\beta_1)\varphi_1 + Q_1 l_1^2 \left[1 - \frac{1}{\gamma} \ln(1+\gamma) \right] + M_1 l_1 [\ln(1+\gamma)].$$

После этого деформации (8)

$$\begin{cases} EI_{01}(1-\beta_1)\Delta v_1 = Q_1 l_1^3 \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{\gamma^2} \ln(1+\gamma) - \frac{1}{\gamma} \right] + M_1 l_1^2 \left[1 - \frac{1}{\gamma} \ln(1+\gamma) \right], \\ EI_{01}(1-\beta_1)\Delta \varphi_1 l_1 = Q_1 l_1^3 \left[1 - \frac{1}{\gamma} \ln(1+\gamma) \right] + M_1 l_1^2 [\ln(1+\gamma)]. \end{cases} \quad (14)$$

Как видим, матрица уравнений (14) симметричная. В упомянутом выше предельном переходе при $\beta \rightarrow 1, \gamma \rightarrow 0$

$$\begin{cases} EI_1 \Delta v_1 = \frac{1}{3} Q_1 l_1^3 + \frac{1}{2} M_1 l_1^2, \\ EI_1 \Delta \varphi_1 = \frac{1}{2} Q_1 l_1^3 + M_1 l_1^2. \end{cases} \quad (15)$$

Из уравнений вида (14, 15) внутренние усилия выражаются через деформации (8), образуя матрицу жёсткости, в «овалах» которой заключены нули.

$$C = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{11}^1 & C_{12}^1 \\ C_{21}^1 & C_{22}^1 \end{bmatrix} & \begin{matrix} 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 & \begin{bmatrix} C_{11}^2 & C_{12}^2 \\ C_{21}^2 & C_{22}^2 \end{bmatrix} & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 & 0 & \begin{bmatrix} C_{11}^3 & C_{12}^3 \\ C_{21}^3 & C_{22}^3 \end{bmatrix} \end{matrix} \end{bmatrix}. \quad (16)$$

Последняя из симметричных матриц 2×2 (её элементы помечены верхним индексом 3) имеет вид, следующий из уравнений (15):

$$C^3 = \begin{bmatrix} C_{11}^3 & C_{12}^3 \\ C_{21}^3 & C_{22}^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \frac{EI_3}{l_3^3} & -6 \frac{EI_3}{l_3^2} \\ -6 \frac{EI_3}{l_3^2} & 4 \frac{EI_3}{l_3} \end{bmatrix}.$$

На рисунке 3 изображена расчётная схема стелечного узла, представленная балкой с кусочно-линейной (изменяющейся вдоль балки по линейному закону) жёсткостью поперечного сечения.

Для проверки расчётных значений на практике было проведено экспериментальное исследование прогибов стелечного узла на устройстве для испытания геленок, стелечных узлов и готовой обуви на жесткость и упругость, разработанном с профессором Горбачиком В.Е. [4, 5]. Устройство позволяет максимально приближать условия нагружения при испытании к реальным нагружениям геленочной части при эксплуатации.

Для исследования использовался стелечный узел наиболее распространённой в настоящее время конструкции: полустелька нижняя (картон повышенной жёсткости MERCKENS CJM 888 2,5 мм) + основная стелька (картон Flexap 1,5 мм) + геленок (сталь) + полустелька верхняя (картон MERCKENS CJM 158 1,2 мм).

При проведении исследования стелечный узел неподвижно закреплялся в пяточной части (точка 4 на рисунке 3), нагрузка прикладывалась в точке 1 (носовая часть узла), величина прогибов измерялась в точках 1, 2, 3. На рисунке указаны расчётные значения прогибов, а в скобках – значения, полученные экспериментальным путём. Как видно, для точек 1, 2, 3 расхождения расчётного и экспериментального значений для данного стелечного узла составили 8,3 %, 8,7 % и 5,6 % соответственно (расхождения могут быть вызваны неоднородностью свойств материалов).

Таким образом, расчётные значения и величины прогибов, полученных экспериментальным путём, различаются в пределах 10 %. Перемещения геленочной части стелечного узла, которые нас интересуют, отличаются от расчёт-

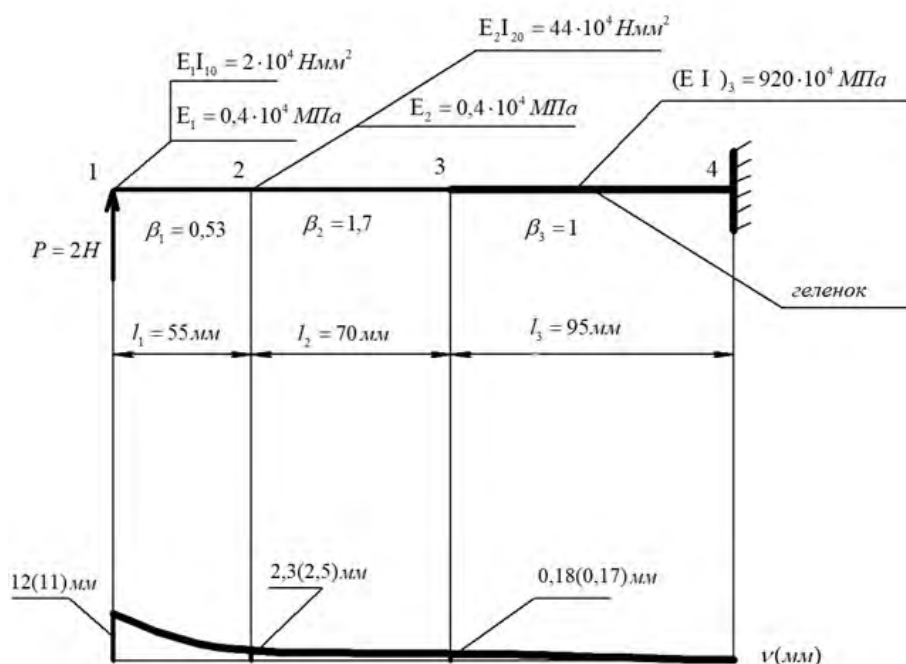


Рисунок 3 – Прогибы балки-модели (рисунок 1)

ных значений только на 8,7 %, следовательно, разработанный алгоритм позволяет достаточно точно определять прогибы стелечного узла под воздействием нагрузки, что даёт возможность оценивать жёсткость стелечного узла, не проводя дополнительных исследований.

Внутренние усилия $\vec{M}$ в уравнении (7) выражаются посредством двух матриц – матрицы жёсткости (16) и транспонированной матрицы уравнений равновесия (5), входящей в уравнение (8), через перемещение (2). Для трёх участков заделки имеем

$$\vec{M} = \begin{bmatrix} Q_1 = P \\ M_1 = 0 \\ Q_2 = P \\ M_2 = Pl_1 \\ Q_3 = P \\ M_3 + P(l_1 + l_2) \end{bmatrix} = CA \begin{bmatrix} v_1 \\ \varphi_1 \\ v_2 \\ \varphi_2 \\ v_3 \\ \varphi_3 \\ v_4 = 0 \\ \varphi_4 = 0 \end{bmatrix}, \quad (17)$$

где структура матрицы жёсткости C представлена выражением (16), транспонированная матрица уравнений равновесия, аналогичная матрице (8),

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & l_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & l_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & l_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (18)$$

В произведении в правой части уравнения (17) получим линейные алгебраические выражения, образующие вектор-столбец

$$\begin{bmatrix} f_1(v_1, \varphi_1, v_2, \varphi_2) \\ g_1(v_1, \varphi_1, v_2, \varphi_2) \\ f_2(v_2, \varphi_2, v_3, \varphi_3) \\ g_2(v_2, \varphi_2, v_3, \varphi_3) \\ f_3(v_3, \varphi_3, v_4, \varphi_4) \\ g_3(v_3, \varphi_3, v_4, \varphi_4) \end{bmatrix}. \quad (19)$$

Выражения (19) получаются перемножением матриц 2×2 в матрице (16) на матрицы (2×4) в матрице (18). В заземлённом узле перемещения v_4, φ_4 равны нулю. Два последних уравнения (17,19) дают перемещения v_3, φ_3 . Их подстановка во вторую группу уравнений (17,19) даёт опять же систему двух уравнений, откуда находятся перемещения v_2, φ_2 . Наконец, их подстановка в первые два уравнения даст систему двух уравнений относительно v_1, φ_1 . Именно так находятся перемещения на рисунке 3.

Таким образом, полученный алгоритм может быть распространён на любое число участков, с любым числом сил с произвольными очертаниями упругих связей и легко поддаётся программированию. Алгоритм с достаточной степенью точности позволяет определить прогибы стелечного узла при заданной нагрузке при использовании различных конструкций и различных материалов комплектующих, поэтому может быть использован для рационального подбора материалов, обеспечивающих жёсткость геленочной части стелечного узла на этапе конструкторско-технологической подготовки производства, что позволит выпускать обувь с заданным уровнем потребительских свойств.

В статье приняты следующие обозначения: $\vec{P}(H)$ – вектор-столбец, $\vec{P}^T$ – векторы-строки заданных сил $P_i(H)$ и моментов $m_i (H \cdot мм)$; $\vec{M}$ – вектор-столбец внутренних сил – поперечных сил $Q_i (H)$, изгибающих моментов $M_i (H \cdot мм)$, перемещений несущих элементов (рисунок 1) – прогибов $v_i (мм)$, углов поворота $\varphi_i (рад)$, деформаций упругих связей $\Delta v_i (мм)$, $\Delta \varphi_i (рад)$; A, A^T – матрица и транспонированная матрица: первая матрица линейной связи деформаций и перемещений, вторая – матрица уравнений равновесия, C – матрица жёсткости; $M_o (H \cdot мм), Q_o (H)$ – начальные изгибающий момент, поперечная сила; $I_o (мм^4)$ – момент инерции начального поперечного сечения, $\varphi^o (рад)$, $v_o (мм)$ – угол поворота и прогиб начального сечения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Борисова, Т. М., Федосеев, Г. Н., Горбачик, В. Е. (2012), Разработка методики расчёта жёсткости геленочной части обуви, *Дизайн и технологии*, Москва, 2012, № 29 (71), С. 33–42.
2. Дарков, А. В. (1976), *Сопротивление материалов*, Москва, 600 с.
3. Дарков, А. В., Шпиро, Г. С. (1969), *Строительная механика*, Москва, 734 с.
4. Борисова, Т. М., Горбачик, В. Е. (2011), Устройство для испытания геленков, стелечных узлов и готовой обуви на жесткость и упругость, *Вестник ВГТУ*, 2011, № 21, С. 34–41.
5. Борисова, Т. М., Горбачик, В. Е. (2012), *Устройство для испытания деталей низа и готовой обуви на жесткость и упругость*, № а 20101560; заявл. 29.10.2010; опубл. 30.06.2012, Бюл. № 3, Витебский государственный технологический университет, С. 27.

REFERENCES

1. Borisova, T. M., Fedoseev, G. N., Gorbachik, V. E. (2012), Develop methods for calculating rigidity the shank part of footwear [Razrabotka metodiki raschjota zhjostkosti gelenochnoj chasti obuvi], *Design and technology*, Moscow, 2012, № 29 (71), pp. 33–42.
2. Darkov, A. V. (1976), *Soprotivlenie materialov* [Strength of materials], Moscow, 600 p.
3. Darkov, A. V. , Shpiro, G. S. (1969), *Stroitel'naja mehanika* [Structural mechanics], Moscow, 734 p.
4. Borisova, T. M., Gorbachik, V. E. (2011), Device for test shanks stiffener, insole knots and ready footwear on acerbity and bounce [Ustrojstvo dlya ispytaniya gelenkov, stelechnyh uzlov i gotovoj obuvi na zhestkost' i uprugost'], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2011, № 21, pp. 34–41.
5. Borisova, T. M., Gorbachik, V. E. (2012), *Ustrojstvo dlja ispytanija detalej niza i gotovoj obuvi na zhestkost' i uprugost'* [Device for test the details of the bottom and finished shoes on acerbity and bounce], State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № а 20101560; zajavl. 29.10.2010; opubl. 30.06.2012, Bjul. №3, Vitebsk State Technological University, P. 27.

Статья поступила в редакцию 14. 05. 2020 г.

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИУРЕТАНОВОГО КЛЕЯ-ДИСПЕРСИИ ДЛЯ ПРИКЛЕИВАНИЯ ПОДОШВ В ОБУВИ С ВЕРХОМ ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ

ADVISABILITY OF USING POLYURETHANE DISPERSION GLUE FOR GLUING SOLES IN SHOES WITH ARTIFICIAL LEATHER UPPERS

УДК 685.34.017.344.3:685.341.252

С.Л. Фурашова*, Ю.В. Милюшкова

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13909>

S. Furashova*, Yu. Miliushkova

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ПОЛИУРЕТАНОВЫЙ КЛЕЙ, ДИСПЕРСИИ, РАСТВОРЫ, ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ИСКУССТВЕННЫЕ КОЖИ, ОПТИМИЗАЦИЯ, РЕЖИМЫ СКЛЕИВАНИЯ

В настоящее время большое внимание уделяется санитарно-гигиеническим условиям труда. Клеи-растворы на основе органических растворителей значительно ухудшают микроклимат производственных цехов, в связи с этим актуальным направлением химизации обувного производства является внедрение клеев-дисперсий на водной основе для приклеивания подошв.

Технология применения полиуретановых клеев-дисперсий на подошво-крепительных операциях требует детальной апробации в связи с широким ассортиментом применяемых материалов для верха обуви и достаточно недавнем использовании клеев-дисперсий для приклеивания подошв.

В статье приводится сравнительный анализ показателей прочности клеевых соединений, полученных с использованием полиуретановых клеев-растворов и клеев-дисперсий при склеивании резины «Кожволон» с искусственными кожей, обработанными различными способами. Показано, что использование полиуретановых клеев-дисперсий позволяет получить нормативную прочность при подборе вида обработки искусственных кож перед склеиванием. Для трудно склеиваемых материалов нормативная прочность достигается корректировкой технологических режимов склеивания. С применением

ABSTRACT

POLYURETHANE GLUE, DISPERSIONS, MORTARS, STRENGTH OF ADHESIVE JOINTS, ARTIFICIAL SKINS, OPTIMIZATION, ADHESION MODES

Currently, much attention is paid to sanitary and hygienic working conditions.

Adhesive solutions based on organic solvents significantly worsen the microclimate of production workshops. Hence, the current direction of chemicalization of footwear production is the introduction of adhesive dispersions on a water basis for gluing soles.

The technology of using polyurethane dispersion adhesives for sole-fastening operations requires detailed approbation due to the wide range of materials used for the upper of shoes and the fairly recent use of dispersion adhesives for gluing soles.

The article provides a comparative analysis of the strength indicators of adhesive joints obtained with the use of polyurethane adhesive solutions and adhesive dispersions when gluing rubber "Kozhvolon" with artificial leather, processed by various methods. It is shown that the use of polyurethane dispersion adhesives makes it possible to obtain standard strength when choosing the type of processing of artificial leather before gluing. For difficult-to-bond materials, the standard strength is achieved by adjusting the technological mode of bonding. Using mathematical methods for planning an experiment for artificial leather "Nubuck" the optimal modes of the gluing process are determined.

* E-mail: slt1966@mail.ru (S. Furashova)

математических методов планирования эксперимента для искусственной кожи арт. «Нубук» установлены оптимальные режимы процесса склеивания.

Широкое применение клеевого метода крепления низа обуви объясняется высокими технологическими и эксплуатационными свойствами клеевого соединения. Для крепления низа обуви в основном используется полиуретановый клей – раствор на основе органических растворителей. После нанесения клея на склеиваемые поверхности растворитель постепенно испаряется, при этом на рабочем месте образуется достаточно высокая концентрация вредных веществ. Кроме этого нанесение клеев-растворов на основе органических растворителей машинным способом затруднено и поэтому чаще всего используется трудоемкий ручной способ нанесения клеевой пленки при помощи кисти. В связи с этим перспективным направлением в технологии склеивания является применение клеев-дисперсий на водной основе. Исключение из состава клеев органических растворителей уменьшает токсичность клея и пожароопасность процесса склеивания. Клеи-дисперсии хорошо наносятся методом распыления при помощи пульверизатора, что делает этот процесс менее трудоемким.

Повышению прочности крепления подошв в обуви клеевого метода крепления уделялось большое внимание в научно-исследовательских работах, так как надежность клеевого соединения играет важную роль в обеспечении качества изделия. В последнее время различными авторами изучалась клеящая способность полихлоропреновых и полиуретановых клеев-растворов, используемых при изготовлении обуви. Уделялось внимание способам подготовки неходовой поверхности подошв и заготовки обуви из различных материалов к склеиванию, установлению технологических режимов на подошво-крепительных операциях, модификации клеев и разработке новых рецептур клеев с учетом требований, предъявляемым к ним [1–6].

Работы, направленные на исследование клеев-дисперсий, посвящены оценке влияния компонентов на реологические характери-

ки водных дисперсий полиуретана и их связи с технико-эксплуатационными характеристиками [7–8]. Вопросы прочности крепления деталей низа обуви к заготовке верха из различных материалов клеями-дисперсиями мало изучены, но являются важными в связи с перспективностью использования клеев на водной основе.

В настоящее время, при изготовлении заготовки верха обуви достаточно часто вместо натуральной кожи используют искусственные материалы. Технологии, достигшие высокого уровня, позволяют выпускать искусственные кожи (ИК), которые сложно отличить от натуральной по внешнему виду. Свойства современных ИК также все больше приближаются к свойствам натуральной кожи, а по некоторым показателям и превосходят её. Однако использование для верха обуви искусственных кож требует внесения значительных корректировок в технологию производства обуви, при этом наибольшее внимание необходимо уделять подошво-крепительным операциям, так как возврат обуви по дефекту «отклей подошв» по данным предприятий составляет большую долю в общем объеме возвратов.

Как правило, технология подготовки следа обуви с верхом из искусственных материалов существенно отличается от технологии, разработанной для обуви с верхом из натуральных кож. Различная структура искусственных материалов, состав полимерного покрытия и вид основы существенно влияет на методы обработки поверхностей материалов перед приклеиванием подошв.

Исходя из этого, целью данной работы было исследование и сравнительный анализ прочности клеевых соединений, полученных при склеивании искусственных кож для верха обуви и материалов низа с использованием полиуретанового клея-раствора и клея-дисперсии, а также оценка влияния различных методов обработки поверхности искусственных кож на прочность

клеевого соединения.

Для испытания были отобраны три артикула искусственной кожи, применяемой для верха обуви с различным характером отделки лицевой поверхности, а также натуральная кожа, выбранная для сравнительной оценки прочности клеевых соединений. В качестве материала низа применялась резина марки «Кожволон».

Характеристика исследуемых материалов для верха обуви представлена в таблице 1.

Прочность клеевого соединения определялась по ГОСТ 28966.1-91 «Клеи полимерные. Метод определения прочности при расслаивании» [9]. Метод заключается в определении нагрузки, разрушающей клеевое соединение путем измерения усилий, вызывающих расслаивание склеенных между собой материалов и приведенных к линейным размерам клеевого шва.

Из отобранных материалов выкраивались образцы 170x25 мм, с рабочей зоной 120x25 мм. Подготовку поверхности образцов из искусственных кож для верха обуви к склеиванию выполняли различными способами, рекомендуемыми для данных материалов при подготовке следа обуви к подошво-крепительным операциям:

- протирание поверхности материала растворителем;
- матовое шлифование поверхности материалов;
- матовое шлифование поверхности материалов с последующей обработкой растворителем;
- глубокое шлифование лицевой поверхности материалов;

– глубокое шлифование лицевой поверхности материалов с последующей обработкой растворителем.

Образцы натуральной кожи для верха обуви обрабатывались взъерошиванием, резины «Кожволон» – шлифованием с последующим обеспыливанием и галогенированием согласно традиционной технологии, принятой на обувных предприятиях. В качестве растворителя использовался этилацетат.

Для склеивания образцов использовались клея различного фазового состояния: полиуретановый клей-дисперсия на водной основе марки «Ecotic» и клей-раствор марки «Луч ПУ» на основе органических растворителей.

Клей «Ecotic 1820S 1K» предназначен для первой намазки затяжной кромки и подошв, имеет невысокую концентрацию (кажущая вязкость по Брукфильду 350 ± 50 мПа·с). Клей «Ecotic 1820 1K» предназначен для второй намазки в комбинации с клеем «Ecotic 1820S 1K», либо для однократной намазки затяжной кромки и подошв. Клей имеет более высокую концентрацию (кажущая вязкость по Брукфильду 2400 ± 200 мПа·с).

Клеи-дисперсии наносились на склеиваемые поверхности методом распыления при помощи пульверизатора.

Клей «Луч ПУ 3110» имеет концентрацию 12,0–13,0 % и предназначен для первой намазки затяжной кромки и подошв. Клей «Луч ПУ 3072» имеет концентрацию 16,5–17,5 % и предназначен для однократной и второй намазки затяжной кромки и подошв. Наносились клеи-растворы при помощи кисти.

Таблица 1 – Характеристика материалов верха обуви

Наименование материала, артикул	Толщина, мм	Характер лицевой поверхности	Основа	Покрытие
Натуральная кожа арт. «Vulcano»	1,2	гладкая	–	–
Искусственная кожа арт. «Марсель»	1,4	гладкая	нетканое полотно (кожевенные волокна с добавлением искусственных волокон)	полиуретановое
Искусственная кожа арт. «Нубук»	1,2	шлифованная		
Искусственная кожа лаковая арт. «M1614»	0,9	лаковая		

Все вышеперечисленные клеи рекомендуются для склеивания деталей низа из различных синтетических материалов с верхом обуви из натуральных, искусственных и синтетических кож.

Подготовленные образцы делили на две группы, для склеивания образцов первой группы (1) применяли клей-раствор, для второй (2) – клей-дисперсию.

Сушка клеевых пленок после первой намазки осуществлялась в течение 15 *мин* для 1 группы образцов и 20 *мин* – для образцов 2 группы. Время сушки после второй намазки составляло 20 *мин* и 30 *мин* соответственно для образцов 1 и 2 группы. Сушка клеевых пленок осуществлялась при нормальных условиях окружающей среды.

Активацию клеевых пленок на образцах осуществляли в термоактиваторе при температуре 130 °C в течение 20 с. Образцы склеивали и прессовали на лабораторном прессе с давлением 0,3 МПа в течение 60 с. Склеенные образцы выдерживались при нормальных условиях в течение 24 ч для полной кристаллизации клеевого шва. Для каждого варианта обработки лицевой поверхности подготавливалось по три параллельных образца.

Испытание на расслаивание проводили на разрывной машине Frank при скорости передвижения подвижного захвата 100 *мм/мин*.

При проведении испытания осуществляли запись диаграммы разрушения и регистрировали характер разрушения. За результат испытания принимали среднеарифметическое не менее пяти наименьших значений максимумов усилия (рисунок 2).

Среднеарифметическое разрушающее усилие P (Н) определяли по формуле

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}, \quad (1)$$

где P_i – разрушающее усилие в i точке измерения, Н; n – число наименьших значений максимумов.

За результат испытания принимали среднее арифметическое трех параллельных определений, расхождение (Δ) между которыми не превышало 6 %, что отвечает требованиям, установленным в нормативно-технической документации на полимерный клей.

Прочность клеевого соединения при расслаивании $g_{рас}$ (Н/см) вычисляли по формуле

$$g_{рас} = \frac{P}{b}, \quad (2)$$

где P – среднеарифметическое разрушающее

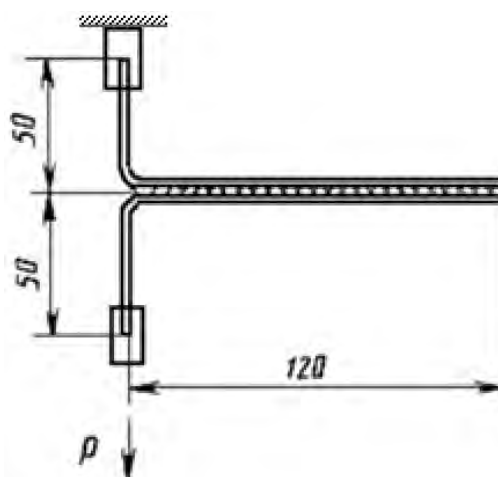


Рисунок 1 – Общий вид образца для испытания

усилие, H ; b – ширина клеевого шва, $см$.

Полученные результаты представлены в таблице 2.

Как показывают данные таблицы, прочность

клеевого соединения, полученная при однократном нанесении клеевых пленок клеем-раствором, находится в интервале от 21,7 до 39,2 $H/см$, в зависимости от материала верха и вида

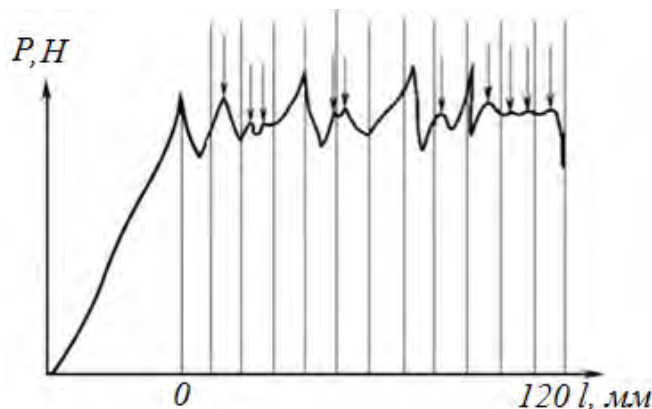


Рисунок 2 – Диаграмма «Усилие – Удлинение»

Таблица 2 – Результаты исследования прочности клеевых соединений при расслаивании для различных материалов и видов обработки

Вид обработки		Прочность для материалов, $H/см$							
		ИК, арт. «Нубук» + резина «Кожволон»		ИК лаковая, арт. «М1614» + резина «Кожволон»		ИК, арт. «Марсель» + резина «Кожволон»		НК, арт. «Vulcano» + резина «Кожволон»	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Однократная намазка	Обработка растворителем	22,7	24,6	27,4	28,8	34,7	36,0		
	Матовое шлифование	21,7	22,0	25,3	26,0	33,9	35,4		
	Матовое шлифование + растворитель	25,3	26,1	27,1	29,0	35,9	36,8		
	Глубокое шлифование	26,6	28,0	28,7	29,8	36,3	37,0		
	Глубокое шлифование + растворитель	30,0	31,4	32,8	34,0	39,2	40,0		
	Взъерошивание							38,1	38,7
Двукратная намазка	Обработка растворителем	36,2	40,5	37,4	40,8	42,6	46,2		
	Матовое шлифование	35,8	38,6	36,8	39,2	42,7	44,7		
	Матовое шлифование + растворитель	37,0	41,3	38,9	41,2	43,7	45,0		
	Глубокое шлифование	42,7	43,0	42,8	46,0	46,9	48,0		
	Глубокое шлифование + растворитель	43,6	44,5	45,6	47,4	48,0	50,2		
	Взъерошивание							48,6	51,9

обработки. Использование в качестве адгезива клея-дисперсии позволяет повысить прочность клеевого соединения в среднем на 0,5–1,5 %.

На показатель прочности существенное влияние оказывает материал верха и вид его обработки. Более высокое значение прочности получено в склейках с верхом из ИК «Марсель» по сравнению с прочностью в склейках с ИК «Нубук» и ИК лаковая. Сравнительная характеристика видов обработки показала, что глубокое взъерошивание с обработкой растворителем позволяет достичь максимальной прочности при однократном нанесении клеевых пленок как клеем-раствором, так и клеем-дисперсией. Значение прочности в склейках с ИК «Марсель» соизмеримо с прочностью, полученной в склейках с верхом из натуральной кожи.

Полученные значения прочности при однократном нанесении клеевой пленки на исследуемые материалы не соответствуют нормативу прочности (не менее 42 **Н/см**) для мужской и женской обуви с верхом из натуральной и искусственной кожи на подошве из резины «Кожволон», что говорит о нецелесообразности однократного нанесения клеевых пленок [10].

При расслаивании образцов с однократно нанесенными клеевыми пленками получен смешанный характер разрушения: адгезионный по межфазным границам материалов верха и низа и когезионный по клеевому соединению в различном процентном соотношении в зависимости от вида материала верха и метода его обработки. Такой характер разрушения свидетельствует о возможности повышения прочности клеевого соединения для данных материалов за счет повышения толщины наносимых клеевых пленок и корректировки технологических режимов процесса склеивания.

Как показывают данные таблицы, при двукратном нанесении клеевых пленок, показатель прочности для клея-раствора находится в интервале от 35,8 до 48,0 **Н/см**, а для клея-дисперсии – от 38,6 до 50,2 **Н/см**, что на 1,7 и 6,0 % выше, чем при однократном нанесении клея-раствора и клеи-дисперсии соответственно. Самая низкая прочность клеевого соединения при расслаивании, также как и при однократном нанесении клеевых пленок, наблюдается в склейках с верхом из ИК, арт. «Нубук».

Сравнительная характеристика видов обработки показала, что в склейках с верхом из ИК «Нубук» и ИК лаковая нормативная прочность получена только при обработке поверхности материала глубоким шлифованием, как при использовании клея-раствора, так и при использовании клея-дисперсии. В склейках с верхом из ИК «Марсель» прочность клеевого соединения соответствует нормативному показателю при всех способах обработки независимо от вида применяемого клея. Прочность клеевых соединений при склеивании клеем-дисперсией по сравнению с клеем-раствором выше в среднем на 2,5 **Н/см**. Необходимо отметить, что наибольшее увеличение прочности при использовании клея-дисперсии наблюдается при обработке поверхности материалов растворителем (на 3,8 **Н/см**), по сравнению с прочностью, полученной при склеивании клеями-растворами.

Механические способы обработки, традиционно используемые для подготовки затяжной кромки заготовки обуви к процессу склеивания в некоторых видах искусственных материалов, разрушают лицевое покрытие, что снижает их прочность и водостойкость. Поэтому при изготовлении обуви с верхом из искусственных кож предпочтительным вариантом обработки материала перед приклеиванием деталей низа является протирание затяжной кромки растворителем. Кроме того, этот вид обработки является менее трудоемким по сравнению с механическим способом.

Однако, согласно полученным данным эксперимента, обработка искусственных кож растворителем не всегда позволяет достичь нормативной прочности при расслаивании, так как эти материалы являются трудно склеиваемыми. В этом случае повысить прочность клеевого соединения можно путем оптимизации технологических режимов процесса склеивания.

Опыт использования клеев-дисперсий для подошво-крепительных операций на обувных предприятиях показал, что существенное влияние на прочность склеивания оказывают процессы сушки и активации клеевых пленок. В связи с этим с целью установления оптимальных режимов склеивания были проведены исследования влияния времени сушки и температуры активации клеевых пленок на прочность клее-

вых соединений при расслаивании.

Поставленную задачу решали с использованием D-оптимального плана второго порядка, который предполагает варьирование факторов на трех уровнях (таблица 3). В качестве переменных факторов выбраны: X_1 – время сушки после второго нанесения клеевой пленки (t_c) при постоянной температуре сушки $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; X_2 – температура активации клеевой пленки (T_a) при времени активации 20 с. План эксперимента представлен в таблице 4.

С использованием программы STATISTICA было получено уравнение регрессии, отражающее зависимость прочности клеевого соединения при расслаивании от времени сушки после второго нанесения клеевой пленки (t_c) и температуры активации клеевых пленок (T_a). Полученное уравнение, в кодированных значениях переменных, имеет следующий вид:

$$g_{pac} = 38,1 + 3X_1 + 1,6 X_1^2 + 4,2 X_2 + 1,8 X_1 X_2. \quad (3)$$

Из уравнения видно, что увеличение времени сушки и температуры активации клеевых пленок приводит к увеличению прочности клеевого соединения. Для полученного уравнения характерна значимость коэффициентов парного вза-

имодействия, то есть факторы взаимосвязаны, действие температуры активации на прочность клеевого соединения зависит от уровня, на котором находится фактор времени сушки клеевой пленки.

Полученный график изолиний показателя прочности клеевого соединения (g_{pac}) дает возможность визуально определить технологические режимы процесса склеивания, при которых g_{pac} принимает максимальное значение (рисунок 3).

График изолиний показывает, что максимальная прочность клеевого соединения ($g_{pac} \approx 46\text{ Н/см}$) достигается при времени сушки клеевой пленки 35 мин при нормальных условиях окружающей среды и последующей её активации при температуре $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 20 минут. Полученный показатель прочности превышает нормативное значение (не менее 42 Н/см).

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение полиуретанового клея-дисперсии для выполнения подошво-крепительных операций в обуви с верхом из искусственных кож позволяет достичь более высоких показателей прочности крепления подошв по сравнению с традиционно используемым клеем-раствором и сопоставимых с прочностью крепления подошв с верхом из натуральных кож.

Таблица 3 – Уровни варьирования факторов

	Время сушки (t_c), мин; (X_1)	Температура активации (T_a), $^{\circ}\text{C}$; (X_2)
Max (-)	20	110
0	30	130
Min (+)	40	150

Таблица 4 – План эксперимента

№ опыта	X_1	X_2	g_{pac}	№ опыта	X_1	X_2	g_{pac}
1	-	-	32,4	6	0	+	46,2
2	-	0	34,3	7	+	-	34,1
3	-	+	36,2	8	+	0	41,0
4	0	-	35,6	9	+	+	45,9
5	0	0	40,5				

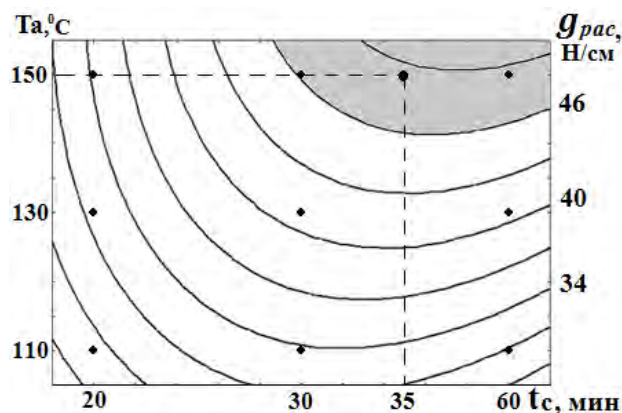


Рисунок 3 – Сечения поверхностей показателя прочности клеевого соединения

Сравнительный анализ показателей прочности клеевых соединений, полученных при однократном и двукратном нанесении клеевых пленок, показал, что однократное нанесение и клея-раствора и клея-дисперсии нецелесообразно для искусственных кож, так как не позволяет достичь нормативной прочности.

Исследуемые виды обработки лицевой поверхности искусственных кож оказывают существенное влияние на прочность клеевых соединений при расслаивании. Наибольшая прочность достигается при глубоком шлифовании с полным удалением лицевой поверхности материала. Однако этот способ обработки значительно повышает требования к качеству выполнения операции, увеличивает трудоемкость изготовления обуви, а для некоторых видов искусственных кож существенно ухудшает эксплуатационные свойства изделия.

Традиционно используемый вариант обработки лицевой поверхности искусственных кож растворителем не всегда позволяет получить нормативные показатели прочности клеевых соединений, поэтому для трудно склеиваемых

материалов рекомендуется выполнять корректировку технологических режимов на операциях подошво-крепительного участка.

С применением математических методов планирования эксперимента установлено, что нормативная прочность крепления подошв полиуретановым клеем-дисперсией в обуви с верхом из ИК арт. «Нубук» может быть достигнута при следующих технологических режимах: сушка клеевых пленок после первой намазки – 20 **мин**, после второй намазки – 35 **мин** при нормальных условиях окружающей среды, активация клеевых пленок при температуре 150 °C в течение 20 **с**.

Таким образом, при изготовлении обуви из искусственных кож целесообразно использовать для приклеивания подошв из синтетических материалов полиуретановые клеи-дисперсии, так как они позволяют не только улучшить санитарно-гигиенические условия труда, но и достичь высоких показателей прочности крепления подошв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Карабанов, П. С., Заушицына, Е. В. (2012), Прочность адгезионного крепления формованных

REFERENCES

1. Karabanov, P.S., Zaushitsyna, E.V. (2012), Strength of adhesive fastening of molded soles with

- подошв с мелкорифленной поверхностью склеивания, *Кожевенно-обувная промышленность*, 2012, № 1, С. 34–36.
2. Фомченкова, Л. Н. (2009), Современные клеевые системы для обувного производства, *Кожевенно-обувная промышленность*, 2009, № 5, С. 40–44.
3. Потапова, К. Ф., Матвеев, В. Л. (2011), Влияние модифицирующей добавки в составе наиритового клея на прочность клеевых соединений, Новое в технике и технологии текстильной и лёгкой промышленности, *Материалы международной научной конференции*, Витебск, 2011, Ч. 2, С. 97–99.
4. Карагезян, Ю. А., Картавых, В. П., Лазариди, К. Х. (1997), Метод повышения прочности клеевых соединений в обуви, *Кожевенно-обувная промышленность*, 1997, № 2, С. 35–36.
5. Никуличева, Н. Г., Прохоров, В. Т., Коваленко, Е. И. (2001), Разработка рецептуры модифицированного клея на основе ПХП каучука типа «Наирит-НТ», *Кожевенно-обувная промышленность*, 2001, № 1, С. 30–31.
6. Петрова, Т. В., Минтаханова, Т. М., Колгушева, Т. Н. (2006), Изучение свойств полиуретанового клея. Метрологическое обеспечение, стандартизация и сертификация в сфере услуг, *Международный сборник научных трудов*, Шахты, 2006, С. 111–113.
7. Бондарева, Н. А., Сорокина, Т. Б., Лабок, В. Д., Короткова, Н. П. (2012), Реологии водных дисперсий полиуретана, сообщение 1, *Кожевенно-обувная промышленность*, 2012, № 3, С. 26–29.
8. Бондарева, Н. А., Сорокина, Т. Б., Лабок, В. Д. (2012), Реологии водных дисперсий полиуретана, сообщение 2, *Кожевенно-обувная промышленность*, 2012, № 4, С. 27–28.
9. ГОСТ 28966.1-91. Клеи полимерные. Метод
- a finely grooved bonding surface [Prochnost' adgezionnogo kreplenija formovannyh podoshv s melkoriflennoj poverhnost'ju skleivaniya], *Leather and shoe industry*, 2012, No. 1, pp. 34–36.
2. Fomchenkova, L. N. (2009), Modern adhesive systems for footwear production [Sovremennye kleevye sistemy dlja obuvnogo proizvodstva], *Leather and footwear industry*, 2009, No. 5, pp. 40–44.
3. Potapova, K. F., Matveev, V. L. (2011), Influence of a modifying additive in the composition of nairite glue on the strength of adhesive joints, New in technology and technology of textile and light industry [Vlijanie modifitsirujushhej dobavki v sostave nairitovogo kleja na prochnost' kleevyh soedinenij, Novoe v tehnike i tehnologii tekstil'noj i ljogkoj promyshlennosti], *Proceedings of an international scientific conference*, Vitebsk, 2011, Part 2, pp. 97–99.
4. Karagezyan, Yu. A., Kartavykh, V. P., Lazaridi, K. Kh. (1997), Method for increasing the strength of adhesive joints in footwear [Metod povyshenija prochnosti kleevyh soedinenij v obuvi], *Leather and footwear industry*, 1997, No. 2, pp. 35–36.
5. Nikulicheva, N. G., Prokhorov, V. T., Kovalenko, E. I. (2001), Development of the formulation of modified adhesive based on PCP rubber of the "Nairit-NT" type [Razrabotka receptury modifitsirovannogo kleja na osnove PHP kauchuka tipa «Nairit-NT»], *Leather and shoe industry*, 2001, No. 1, pp. 30–31.
6. Petrova, T. V., Mintakhanova, T. M., Kolgusheva, T. N. (2006), Study of the Properties of Polyurethane Adhesives. Metrological support, standardization and certification in the service sector [Izuchenie svojstv poliuretanovogo kleja. Metrologicheskoe obespechenie, standartizacija i sertifikacija v sfere uslug], *International collection of scientific papers*, Shakhty, 2006, pp. 111–113.
7. Bondareva, N. A., Sorokina, T. B., Labok, V. D.,

определения прочности при расслаивании.
Введ. 01.01.7092. Москва : Изд-во стандартов, 1992, 9 с.

10. О безопасности продукции легкой промышленности : ТР ТС 017/2011, 2011, утв. Решением Комиссии Таможенного союза № 876 от 2011.12.09, 44 с.

Korotkova, N. P. (2012), Rheology of aqueous dispersions of polyurethane, communication 1 [Reologii vodnyh dispersij poliuretana, soobshhenie 1], *Leather and footwear industry*, 2012, No. 3, pp. 26–29.

8. Bondareva, N. A., Sorokina, T. B., Labok, V. D. (2012), Rheology of polyurethane water dispersions, communication 2 [Reologii vodnyh dispersij poliuretana, soobshhenie 2], *Leather and footwear industry*, 2012, No. 4, pp. 27–28 .

9. GOST 28966.1-91. *Polymer adhesives. Method for determination of peel strength*, Enter. 01.01.7092. Moscow: Publishing house of standards, 1992, 9 p.

10. On the safety of light industry products: TR CU 017/2011, 2011, approved. By the decision of the Commission of the Customs Union No. 876 of 2011.12.09, 44 p.

Статья поступила в редакцию 07.10.2020 г.

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДЕТСКОЙ ОБУВИ – СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ

SAFETY ASSESSMENT OF CHILDREN'S SHOES: STATUS AND PROBLEMS

УДК 685.34.017.87

Е.А. Шеремет*, М.В. Шевцова

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13910>

E. Sheremet*, M. Shevtsova

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ДЕТСКАЯ ОБУВЬ, ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, ПОДОШВЫ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА, КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ

Предметом исследования являются требования и показатели безопасности детской обуви. В работе проведен анализ технической нормативной правовой базы, регламентирующей качество детской обуви по показателям безопасности. Указаны положения нормативной документации, требующие корректировки. Отмечена важность оценки фрикционных свойств. Предложен адаптированный к оценке качества подошв метод исследования фрикционных свойств. Проведены исследования подошв для детской обуви, изготовленных из разных по структуре полимерных материалов и отличающихся характером ходовой поверхности, на напольных покрытиях (ламинат, линолеум, напольная керамическая плитка). Установлены значения коэффициентов трения исследуемых образцов, даны рекомендации о применимости подошв. Показана целесообразность использования метода испытания фрикционных свойств обуви и градаций значений коэффициентов трения для целей оценки качества детской обуви. Данные исследования имеют практическую значимость для предприятий обувной отрасли при формировании качества выпускаемой обуви на предпроизводственной стадии.

ABSTRACT

CHILDREN'S SHOES, SAFETY REQUIREMENTS, POLYMERIC SOLES, FRICTION PROPERTIES, FRICTION COEFFICIENT

The subject of the study is the legal requirements and safety indicators of children's shoes. The paper analyzes the technical legal standard that regulates the quality of children's shoes in terms of safety. The provisions of the normative documentation that require correction are indicated. The importance of assessing the frictional properties is noted. A method for studying frictional properties adapted to assessing the quality of soles is proposed. The research has been carried out on soles for children's shoes made of polymeric materials with different structures and with different characteristics in the nature of the running surface on floor coverings (laminat, linoleum, ceramic floor tiles). The indicators of the friction coefficients of the given samples are determined. The recommendations on the applicability of soles are given. The necessity of using method of testing the friction properties of shoes and gradations of friction coefficients for the purpose of evaluating the quality of children's shoes are shown. Research data are of practical significance for footwear industry enterprises providing the quality of manufactured shoes at the pre-production stage.

Дети – это особая группа потребителей. Без покупки детских товаров не обходится ни одна семья. И для каждого родителя важным является безопасность товаров, с которыми контактируют дети. Это относится и к обуви – к изделию, непо-

средственно надеваемому на стопу. Со стороны предприятий, органов по сертификации вопросу качества, в том числе и безопасности, уделяется большое внимание. Требования безопасности строго регламентированы в ТР ТС 007/2011 «О

* E-mail: scheremet.62@mail.ru (E. Sheremet)

безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» (далее регламент ТР ТС 007/2011), и являются обязательными к исполнению [1]. Их условно можно сгруппировать следующим образом:

- требования к применяемым материалам (определены допустимые виды материалов);
- требования к конструкции (определены требования к конструкции пяточной части обуви);
- требования к биологической и механической безопасности (определены значения показателей высоты каблука, массы, гибкости, прочности крепления деталей низа, деформации задника и подноски, напряженности электростатического поля на поверхности обуви);
- требования к химической безопасности (определены значения показателей устойчивости окраски подкладки к сухому и мокрому трению, устойчивости окраски подкладки к воздействию пота, содержание свободного формальдегида, содержание водовываемого хрома, индекса токсичности).

Все вышеперечисленные показатели и критерии в обязательном порядке оцениваются при подтверждении соответствия детской обуви, результатом которой является решение о выдаче сертификата соответствия. Выполнение производителями данных требований должно обеспечивать безопасность детской обуви при ее эксплуатации.

Несмотря на жесткость требований к детской обуви со стороны технического регламента, существует, на наш взгляд, необходимость их доработки и корректировки. Рассмотрим, в каком направлении они должны проводиться.

Согласно пункту 2 статьи 6 ТР ТС 007/2011 в обуви ясельной группы не допускается в качестве подкладки зимней обуви для детей ясельного возраста использование искусственного меха и байки. Однако в отношении вкладной стельки такое требование отсутствует, что является нелогичным.

Этим же регламентом в закрытой обуви всех половозрастных групп запрещено использование подкладки из искусственных и синтетических материалов. Встает вопрос – что относится к искусственным и синтетическим материалам. Речь идет об искусственных и синтетических ко-

жах или о текстильных материалах в том числе? Как известно, к закрытой обуви относятся такие виды обуви, как полуботинки, ботинки и сапожки. В последних двух видах подкладка, как правило, текстильная. Некорректность формулировок приводит к неоднозначности требований к материалу подкладки. Однозначность формулировок необходима для того, чтобы производители на законных основаниях могли использовать в закрытой обуви, кроме ясельной и малодетской групп, так называемый «шерстяной мех», который в последнее время приобрел популярность среди производителей обуви и потребителей. Следует отметить, что термин «шерстяной мех» ассоциируется у покупателей с натуральным материалом, хотя на самом деле – это искусственный мех на нетканой или трикотажной основах с ворсом из смеси натуральных и синтетических волокон.

В отношении требований к конструкции обуви есть определенная неувязка в терминологии, касающаяся конструкции пяточной части. Всем известно, что фиксированная пяточная часть обеспечивает устойчивое положение ребенка при ходьбе и беге, являясь гарантией его безопасности. В пункте 3 статьи 6 ТР ТС 007/2011 указывается, что в обуви для детей в возрасте от 3 до 7 лет недопустима нефиксированная пяточная часть. Возникает вопрос: что считать нефиксированной пяточной частью? Будет ли являться такой обувью летняя открытая обувь с пяточным ремнем или с задинкой и жестким задником? В настоящее время нет ни одного нормативного документа, устанавливающего определение данному требованию. По сути, фиксация пяточной части стопы в обуви может осуществляться не только путем применения жесткого задника, но и с помощью ремешков, причем ширина пяточного ремня может быть разной, что и в разной степени обеспечивает устойчивое положение ребенка. Для производителя важно четко определить, что в конструкции считать фиксированной пяточной частью: использование задинки с жестким задником или пяточного ремня определенной ширины.

Анализ требований к конструкции обуви, регламентированных ТР ТС 007/2011 и ГОСТ 26165-2003 «Обувь детская. Общие технические условия» [2], выявил некоторые разногласия и

в отношении допустимой высоты пяточной части. По ГОСТ 26165-2003 детская обувь должна изготавливаться на низком каблучке без учета возрастных групп, кроме девичьей обуви – в ней допустим средний каблук. Низким каблучком считается каблук до 25 мм, а средним – до 40 мм. Однако в ТР ТС 007/2011 допустимая высота каблучка варьирует в зависимости от половозрастной группы детей, причем для школьников-девочек в возрасте от 12 до 16 лет и школьников мальчиков от 16 до 18 лет высота каблучка достигает до 35 мм. На эту несогласованность в требованиях указывает и автор работы [3].

В отношении требований к массе обуви, отраженных в ТР ТС 007/2011, также имеются замечания. Это касается обуви ясельной группы. Зачастую, фактическая масса полупары обуви этой группы выходит за пределы допустимых значений, установленных в техническом регламенте. Причем данные сложности характерны как для обуви, изготавливаемой в Республике Беларусь, так и ввозимой на ее территорию. В УО «Витебский государственный технологический университет» были проведены исследования фактической массы обуви ясельной группы, которые позволили определить «вклад» каждой детали верха и низа обуви в общую массу и осуществлены прогнозные расчеты массы обуви разных видов среднего размера [4]. Следует отметить, что в настоящее время отсутствует информация об опыте стран Европейского союза в области влияния массы обуви на ребенка и международные стандарты, устанавливающие требования к массе детской обуви, которые бы позволили осуществить гармонизацию требований ТР ТС на международном уровне. На основании проведенных исследований были рекомендованы изменения в нормативных значениях массы полупары обуви рассматриваемой детской группы, которые нашли отражение в проекте изменений № 2 ТР ТС 007/2011 [5].

Вызывает вопрос установленная предельная граница нормируемого показателя «гибкость обуви». В ТР ТС 007/2011 данный показатель ограничен верхним пределом, то есть указано, что нормированное значение должно быть «не более...» конкретной величины. Однако по логике, ограничение значения показателя должно быть в формулировке «не менее...». Бесспорно,

гибкая обувь лучше способствует функционированию и развитию детской стопы за счет малых усилий на сгиб, то есть чем больше гибкость обуви, тем комфортнее обувь в носке.

При существующем в ТР ТС 007/2011 ограничении нормируемого значения правильным является применение термина «изгибная жесткость». Изгибная жесткость проявляется сопротивлением обуви силе изгиба при носке давления тыльной части и опорной поверхности стопы на детали верха и низа обуви [6]. И в этом случае значение показателя «изгибная жесткость» действительно должно быть ограничено верхним пределом, то есть должна быть запись «не более...».

Обязательным для оценки безопасности обуви по ТР ТС 007/2011 является определение деформации подноски и задника, которая проводится по ГОСТ 9135-2004 «Обувь. Метод определения общей и остаточной деформации подноски и задника» [7]. Однако применение данного метода в ряде случаев может давать искаженные результаты при оценке деформации задника в детской обуви из-за технических особенностей прибора. Это связано с тем, что при малых размерах обуви не удается правильно закрепить образец на плите прибора так, чтобы обеспечить приложение нагрузки в точку, определенную ГОСТом (рисунок 1).

Приложение нагрузки осуществляется в точке *O*, находящейся на пересечении двух линий: линии *FG*, проходящей параллельно следу обу-

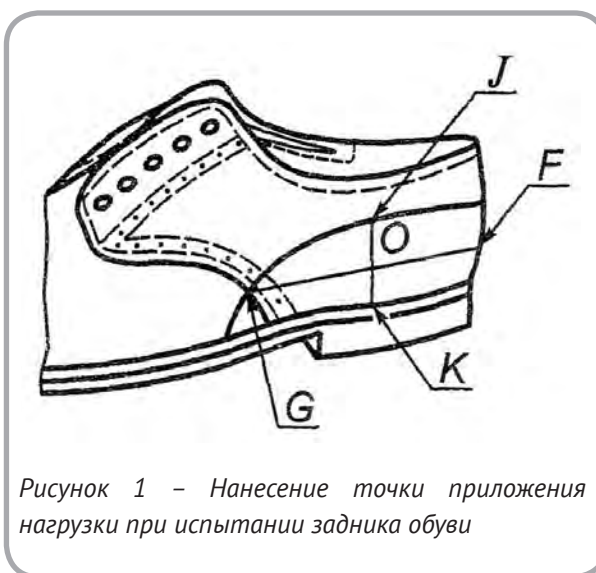


Рисунок 1 – Нанесение точки приложения нагрузки при испытании задника обуви

ви и расположенной на равном расстоянии от верхнего края задника (точка *J*) и его грани у подошвы (точка *K*), и линии *JK*, проходящей перпендикулярно к следу обуви и расположенной на равном расстоянии от заднего шва (точка *F*) заготовки и конца крыла задника (точка *G*). Из-за малых размеров детской обуви её сложно закрепить в приспособление прибора так, чтобы не произошло смещение образца под действием нагрузки и получение значения деформации, не соответствующего реальному.

На наш взгляд перечень требований, изложенный в ТР ТС 007/2011, не является достаточным, чтобы говорить о полной безопасности ребенка при носке обуви. Важными, с точки зрения безопасности, представляются и фрикционные свойства, так они определяют устойчивое положение ребенка при ходьбе и беге и влияют на утомляемость организма. Фрикционные свойства характеризуют способность подошвы противостоять скольжению. При недостаточном сцеплении низа обуви с опорной поверхностью возможно падение ребенка и получение травм.

Для установления важности фрикционных свойств в оценке безопасности был проведен опрос специалистов-обувщиков. 89 % респондентов отметили важность данного свойства при оценке качества детской обуви. Однако в настоящее время оценка этого свойства для детской обуви не проводится. Значимость фрикционных свойств в обеспечении комфортности и безопасности обуви подтверждается исследованиями, нашедшими отражение в работах [8–10]. Однако и эти исследования немногочисленны.

В Республике Беларусь и Российской Федерации действует нормативная база для оценки фрикционных свойств, распространяющаяся только на обувь специального назначения. Стандарты отличаются между собой критериями оценки и методиками проведения испытаний. Общая сущность методов основана на определении трения скольжения, возникающей при перемещении образца материала подошвы (или обуви в целом) относительно опорной поверхности с постоянной скоростью и при постоянном давлении образца на данную поверхность.

В Республике Беларусь оценка фрикционных свойств обуви осуществляется по ГОСТ 12.4.083-80 «Материалы для низа специальной обу-

ви. Метод определения коэффициента трения скольжения» [11] и причем только одна испытательная лаборатория (г. Минск) аккредитована для оценки данного свойства.

Следует отметить, что важным для производителей обуви является не только сама констатация факта соответствия готовой обуви требованиям, но и оценка возможности применения тех или иных комплектующих еще на стадии подготовки производства.

В связи с этим важным для обувных предприятий является поиск альтернативного метода оценки фрикционных свойств, где в качестве объектов выступали образцы готовых подошв, и возможность проведения их лабораторных испытаний в территориальной близости от предприятия. Такой лабораторией для обувных предприятий города Витебска может являться центральная лаборатория ОАО «Витебскдрев». В ней для оценки качества её продукции применяется СТБ 1751-2007 «Покрытия полов и тротуаров. Метод определения скользкости» [12], который авторами работы был взят как альтернатива вышеуказанным методам для прогнозной оценки фрикционных свойств подошв детской обуви. Стандарт устанавливает методы определения показателей, которые характеризуют скользкость покрытий полов жилых, общественных и производственных зданий и сооружений. Одним из определяемых показателей является коэффициент трения.

Определение параметров скользкости покрытия включает в себя определение коэффициента трения при динамическом и статическом режиме. При статическом режиме сущность метода заключается в определении коэффициента трения покрытия в момент начала перемещения испытательной установки из статического положения по горизонтальной испытываемой поверхности покрытия. Сущность метода при динамическом режиме заключается в определении коэффициента трения при перемещении испытательного устройства с постоянной скоростью по горизонтальной испытываемой поверхности покрытия. Для реализации данного метода предназначен прибор PARAM FPT-F1 (рисунок 2) [13].



Рисунок 2 – Внешний вид прибора PARAM FPT-F1: 1 – панель для закрепления опорной поверхности; 2 – электронный динамометр; 3 – монитор

Принцип работы данного прибора (рисунок 3) позволяет имитировать суть процесса скольжения испытуемого образца подошвы и кардинально не отличается от сущности определения коэффициента трения скольжения, реализуемого по ГОСТ12.4.083-80 «Материалы для низа специальной обуви. Метод определения коэффициента трения скольжения».

На данном приборе авторами были проведены исследования подошв для детской обуви на предмет определения их коэффициента трения скольжения. В качестве опорной поверхности был выбран ламинат, линолеум и напольная

керамическая плитка. Исследуемые подошвы детской обуви, изготовленные разными производителями, отличались видом полимерного материала и рисунком ходовой поверхности (рисунок 4).

Исследуемые образцы подошв устанавливали на напольные покрытия, закрепленные на приборе PARAM FPT-F1, затем образцы нагружали грузом массой 4,5 кг. Соединение образца подошвы и прибора происходило с помощью датчика динамометра посредством тросика, один конец которого крепился к датчику, а второй – к образцу. Испытания проводили по двум

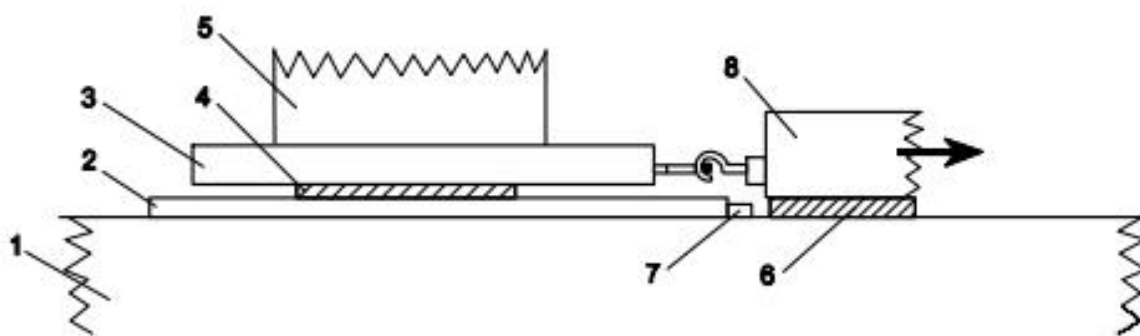


Рисунок 3 – Схема испытания на приборе PARAM FPT-F1: 1 – панель для закрепления опорной поверхности; 2 – напольное покрытие (ламинат, плитка); 3 – основание для установки груза; 4 – образец трущейся поверхности (каучука или резины); 5 – груз; 6 – прокладки для обеспечения горизонтальности расположения основания и динамометра (при необходимости); 7 – ограничитель движения; 8 – динамометр



Образец № 1 – ПУ, Польша



Образец № 2 – ТЭП, Могилев-обувь



Образец № 3 – ТЭП, Польша



Образец № 4 – ТЭП, Могилев-обувь

Рисунок 4 – Виды исследуемых подошв детской обуви

вариантам закрепления образцов подошв: первый вариант – тросик прикрепляли к носочной части подошвы (рисунок 5 а), второй вариант – к пяточной части (рисунок 5 б).

В меню программного обеспечения прибора задавались суммарная масса подошвы и груза, скорость перемещения 500 *мм/мин*, дистанция для перемещения 250 *мм*, что соответствовало требованиям инструкции по эксплуатации прибора. Прибор приводился в действие и в результате на мониторе компьютера появлялся график изменения коэффициента трения (рисунок 6), который рассчитывался автоматически, на основе введенных данных нагружения. За итог принималось усредненное значение кинетического усилия. Результаты испытаний представлены в таблице 1 и таблице 2.

Можно выделить факторы, определяющие значения коэффициентов трения в настоящих исследованиях. Ими являлись вид материала подошв, рисунок ходовой поверхности и вид напольного покрытия. Напольные покрытия отличались между собой фактурой поверхностей. Следует отметить, что направление перемещения не оказывает существенного влияния на значения коэффициента трения.

Как следует из данных таблиц 1 и 2, наиболее устойчивое положение ребенка при ходьбе будет наблюдаться в случае использования образца подошв № 2. Применение таких подошв в детской обуви в большей степени гарантирует безопасность передвижения ребенка. Из исследуемых напольных покрытий большее сцепление с подошвами обеспечивает ламинат и в

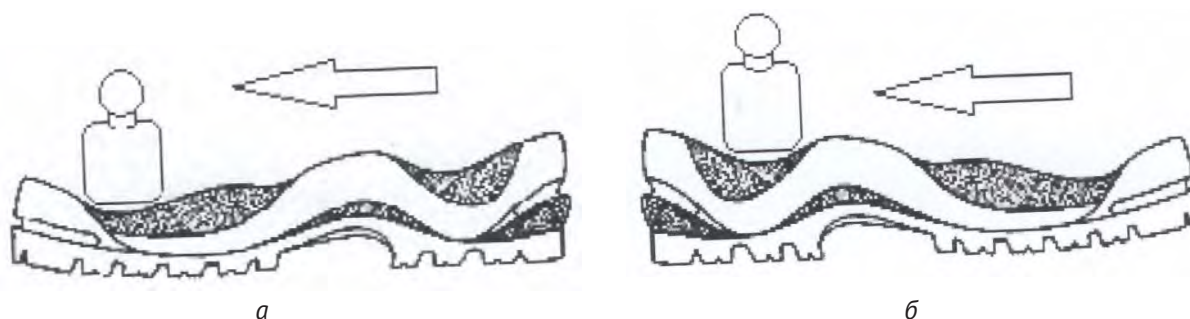


Рисунок 5 – Варианты направлений перемещения образцов подошвы: а – первый вариант; б – второй вариант

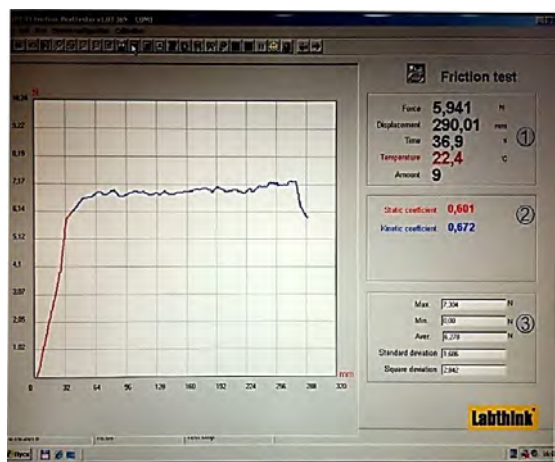


Рисунок 6 – График изменения коэффициента трения

меньшей степени – напольная керамическая плитка. Известно, что полиуретановые подошвы не отличаются высокими фрикционными свойствами по сравнению с подошвами из ТЭП, что можно видеть по результатам исследований образцов №№ 1–3. Коэффициенты трения в образце №4 оказались близкими к значениям коэффициентов подошвы из ПУ (образец № 1) за счет неглубокого рисунка ходовой поверхности. Образцы № 1 и 4 не рекомендуется применять в производстве детской обуви зимнего периода носки.

Что касается нормирования значения коэффициента трения, то он установлен только в ТР ТС 019/20011 для специальной обуви и равен не менее 0,2. В связи с тем, что испытания подошв проводили по методике, близкой к установленной в СТБ 1751-2007 «Покрывтия полов и тротуа-

Таблица 1 – Значения коэффициентов трения подошв по различным напольным покрытиям (первый вариант перемещения)

Номер образца подошвы	Среднее значение коэффициента трения		
	Вид напольного покрытия		
	Ламинат	Напольная керамическая плитка	Линолеум
№1	0,495	0,347	0,480
№2	0,903	0,730	0,802
№3	0,640	0,527	0,738
№4	0,523	0,279	0,366

Таблица 2 – Значения коэффициентов трения подошв по различным напольным покрытиям (второй вариант перемещения)

Номер образца подошвы	Среднее значение коэффициента трения		
	Вид напольного покрытия		
	Ламинат	Напольная керамическая плитка	Линолеум
№1	0,478	0,399	0,449
№2	0,860	0,793	0,706
№3	0,644	0,552	0,625
№4	0,499	0,332	0,347

ров. Метод определения скользкости», и данным нормативным документом обеспечивается более чувствительная оценка коэффициента трения, предлагается принять за основу градации значений коэффициента трения (μ), регламентированные вышеуказанным стандартом:

- $\mu < 0,19$ – есть опасность скольжения;
- $0,20 < \mu < 0,39$ – высокий риск скольжения;
- $0,40 < \mu < 0,74$ – удовлетворительное трение;
- $\mu > 0,75$ – превосходное трение.

Использование такой градации позволяет более объективно проводить сравнительную оценку фрикционных свойств подошв ещё на предпроизводственной стадии и выбрать лучший из вариантов для запуска в массовое производство, обеспечивающий безопасность детской обуви.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технический Регламент Таможенного союза ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков». Введ. 2012–07–01, 226 р.
2. ГОСТ 26165-2003. *Обувь детская. Общие технические условия*. Введ. 2004–10–01, Москва, Издательство стандартов, 12 с.
3. Еремеева, Н. В. (2018), Безопасность и функциональность обуви: все ли требования исчер-

REFERENCES

1. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 007/2011 «On the safety of products intended for children and adolescents». Vved. 2012–07–01, 226 p.
2. Standart 26165-2003. *Children's shoes. General specifications*. Vved. 2004–10–01, Moscow, Izdatel'stvo standartov, 12 p.
3. Eremeeva, N. V. (2018), Safety and functionality of footwear: whether all requirements are

- паны, *Стандарты и качество*, 2018, № 12, С. 88–92.
4. Буркин, А. Н., Шеверина, Л. Н., Шеремет, Е. А. (2018), К вопросу о массе обуви для детей, *Стандартизация*, 2018, № 5, С. 56–63.
5. *О внесении изменений N 2 в технический регламент Таможенного союза «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» (ТР ТС 007/2011) (2020)*, режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/551939327>, (дата доступа 10.08.2020).
6. Садовский, В. В., Несмелов, Н. М., Шутилина, Н. В. (2005), *Товароведение кожевенно-обувного производства. Общий курс*, Минск, 427 с.
7. ГОСТ 9135-2004. *Обувь. Метод определения общей и остаточной деформации подноски и задника*. Введ. 2006–06–30, Москва, Издательство стандартов, 6 с.
8. Конов, И. С., Карпукhin, А. А. (2013), Оценка фрикционных свойств современных подошвенных материалов, *Кожевенно-обувная промышленность*, 2013, № 1, С. 34–35.
9. Чимчикова, М. К., Кузина, М. Б., Карпукhin, А. А. (2017), Сравнение фрикционных свойств подошвенных резин и термоэластопластов, *Академическая наука – проблемы и достижения, Материалы XIV международной научно-практической конференции*, Бишкек, 2017, С. 76–79.
10. Карабанов, П. С., Харина, В. А., Росляков, А. Д. (2018), Фрикционные характеристики подошвенных материалов разной плотности, *Инновации и современные технологии в индустрии моды, Материалы II Всероссийской научно-практической конференции*, Новосибирск, 2018, С. 82–85.
11. ГОСТ 12.4.083-80. *Материалы для низа специальной обуви. Метод определения коэффициента трения скольжения*. Введ. 1981–01–01, satisfied [Bezopasnost' i funkcional'nost' obuvi: vse li trebovaniya ischerpany], *Standards and quality*, 2018, no. 12, pp. 88–92.
4. Burkin, A. N., Sheverinova, L. N., Sheremet, E. A. (2018), On the issue of the mass of shoes for children [K voprosu o masse obuvi dlja detej], *Standardization*, 2018, No. 5, pp. 56–63.
5. *On amendments N 2 to the technical regulations of the Customs Union «On the safety of products intended for children and adolescents» (TR CU 007/2011) (2020)*, available at: <http://docs.cntd.ru/document/551939327> (accessed 10.08.2020).
6. Sadovsky, V. V., Nesmelov, N. M., Shutilina, N. V. (2005), *Tovarovedenie kozhevenno-obuvnogo proizvodstva. Obshhij kurs* [Commodity science of leather and footwear production. The General course], Minsk, 427 p.
7. GOST 9135-2004. *Footwear. Method for determining the total and residual deformation of the toe cap and back*. Vved. 2006–06–30, Moscow, Izdatel'stvo standartov, 6 p.
8. Konov, I. S., Karpukhin, A. A. (2013), Evaluation of the frictional properties of modern sole materials, *Leather and footwear industry* [Ocenka frikcionnyh svojstv sovremennyh podoshvennyh materialov], *Leather and footwear industry*, 2013, № 1, pp. 34–35.
9. Chimchikova, M. K., Kuzina, M. B., Karpukhin, A. A. (2017), Comparison of the frictional properties of sole rubbers and thermoplastic elastomers [Sravnenie frikcionnyh svojstv podoshvennyh rezin i termojelastoplastov], *Academic science – problems and achievements, Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference*, Bishkek, 2017, pp. 76–79.
10. Karabanov, P. S., Kharina, V. A., Roslyakov, A. D. (2018), Friction characteristics of sole materials of different density [Frikcionnye harakteristiki podoshvennyh materialov raznoj plotnosti], *Innovations and modern technologies in the*

Москва, Издательство стандартов, 8 с.

12. СТБ 1751-2007. *Покрытия полов и тротуаров. Метод определения скользкости*. Введ. 2007–05–30, Минск, Госстандарт, 14 с.

13. *Прибор PARAM FPT-F1*, режим доступа: <http://ru.labthink.com/product/fpt-f1-friction-peel-tester.html>, (дата доступа 12.08.2020).

fashion industry, Materials of the II All-Russian scientific-practical conference, Novosibirsk, 2018, pp. 82–85.

11. GOST 12.4.083-80. *Materials for the bottom of special shoes. Method for determining the coefficient of sliding friction*. Vved. 1981–01–01, Moscow, Izdatel'stvo standartov, 8 p.

12. GOST 1751-2007. *Floor and sidewalk coverings. Method for the determination of slipperiness*. Vved. 2007–05–30, Minsk, Gosstandart, 14 p.

13. *Device PARAM FPT-F1*, available at: <http://ru.labthink.com/product/fpt-f1-friction-peel-tester.html> (accessed 12.08.2020).

Статья поступила в редакцию 02. 10. 2020 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИНСЕКТИЦИДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

RESEARCH OF PHYSICAL-CHEMICAL AND OPERATIONAL PROPERTIES OF INSECTICIDE POLYMER FILMS

УДК 675.742.2:544.16

Е.В. Лашкина*

Белорусский государственный университет
транспорта

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13911>

E. Lashkina*

Belarusian State University
of Transport

РЕФЕРАТ

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ИНСЕКТИЦИДЫ, УФ-СТАБИЛИЗАТОР, БИОАКТИВНОСТЬ, СИНЕРЕЗИС

Разработаны и изготовлены многофункциональные пленочные материалы состава ПЭВД/ДОФ/инсектицид/УФ-стабилизатор (Tinuvin 783), оптимизированные по рецептурным, структурным, физическим и физико-химическим параметрам и биоактивности. Показано, что введение в полимерную композицию инсектицидных добавок из классов синтетических пиретроидов, фосфорорганических соединений, неоникотиноидов является эффективным способом модифицирования, позволяющим создавать новые функциональные упаковочные материалы для защиты непродовольственных товаров от биоповреждений, а также сельскохозяйственных, лесных угодий и декоративных насаждений от насекомых-фитофагов.

Исследования методом ИК-спектроскопии показали, что в инсектицидных полимерных пленках имеет место образование эфирной связи между молекулами компонентов.

Представлена кинетическая зависимость выделения жидкой фазы с поверхности композиционной полиэтиленовой пленки.

ABSTRACT

POLYMER COMPOSITES, INSECTICIDES, UV STABILIZER, BIOACTIVITY, SYNERESIS

Multifunctional film materials based on high-pressure polyethylene have been developed and manufactured by modifying the polymer matrix with chemically active reagents (insecticides from the classes of synthetic pyrethroids, organophosphorus compounds, neonicotinoids and a UV stabilizer (Tinuvin 783)), optimized for prescription, structural, physical, chemical parameters and bioactivity.

Investigations held by the method of IR spectroscopy have shown that there is the formation of an ether bond between the molecules of the components in insecticidal polymer composites.

The kinetic dependence of the release of the liquid phase from the surface of a composite polyethylene film of the composition LDPE/DOP/insecticide/Tinuvin 783 is presented.

The insecticidal film of prolonged action will solve the problem of protecting agricultural land, conifer and deciduary forest plantations from phytophagous insects, as well as reduce losses from biological damage to light industry products packed in film cases.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время приоритетным направлением фундаментальных и прикладных научных

исследований в области материаловедения является разработка новых многофункциональных материалов с заданным комплексом свойств.

* E-mail: llashkina@mail.ru (E. Lashkina)

Потребность в создании полимерных композиционных материалов с высоким комплексом защитных свойств в различных отраслях промышленности, сельского и лесного хозяйства непрерывно возрастает. Полимерные пленки занимают лидирующие позиции в мире среди различных материалов, поскольку сохраняют высокое качество упакованных в них товаров в течение длительного срока, имеют минимальную массу, толщину, стоимость.

Актуальным является получение активных (многофункциональных) инсектицидных полимерных пленочных материалов, сочетающих в себе уникальные физико-механические свойства, характерные для полимеров, и функциональную активность вводимых модификаторов, которая существенно расширяет технические возможности применения материалов.

Одной из современных тенденций в области разработки способов защиты сельскохозяйственных, лесных угодий и декоративных насаждений в городах от насекомых-фитофагов, а также сырья и промышленных товаров от биоповреждений является их упаковка и/или укутывание с помощью многофункциональных полимерных пленок.

Такие материалы являются альтернативой традиционному обрызгиванию и позволяют значительно снизить риск негативного воздействия химически активных компонентов на функционирование биоценозов и экосистем, дополнительное загрязнение окружающей среды и высокие энергоматериальные затраты.

Способ защиты товарной продукции от насекомых-кератофагов – модифицирование бумажных носителей раствором инсектицида (бумажные мешки погружают в раствор инсектицида) [1] предполагает использование в качестве основного упаковочного материала бумаги, которая характеризуется низкими прочностью и влагостойкостью и требует дополнительного укомплектования упаковок фольгами или полимерными пленками. Известна инсектицидная композиция с замедленным высвобождением активного вещества [2], содержащая летучий пиретроидный инсектицид, смешанный с раствором полимера.

Необходимость создания в стране производства многофункциональной упаковочной

инсектицидной полимерной пленки обусловлена отсутствием аналогичных отечественных материалов и возросшей потребностью в них промышленных предприятий, выпускающих не продовольственные товары (шерстяные ткани, одежду, пушно-меховые полуфабрикаты и изделия, утепления для обуви, мебели и тому подобное), для решения проблемы защиты сырья от биоповреждений, вызываемых насекомыми-вредителями.

Современные инсектициды представляют собой разнообразные химические вещества на основе неонекотиноидов, пиретроидов, фосфорорганических соединений и другие [3], обладающие такими критериями, как доступность, высокая инсектицидная активность по отношению к вредителям сельскохозяйственных культур и кератинсодержащей продукции, продолжительное защитное действие при низких нормах расхода (1 – 5 % инсектицида), эксплуатационные характеристики ($T_{разл.}$ 180–230 °C, $T_{кин.}$ 120–286 °C), удовлетворяющие температуре переработки полимерной матрицы [4], экологическая безопасность по отношению к окружающей среде (III, IV классы опасности).

В процессе переработки, при хранении и эксплуатации инсектицидные полимерные пленки подвергаются старению, что приводит к значительному изменению их свойств, поэтому большое значение приобретает проблема стабилизации этого процесса.

В качестве стабилизатора, повышающего стойкость полиэтиленового связующего к термоокислительной деструкции и действию УФ-облучения, использовали пространственно-затрудненные амины (ПЗА) (HALS) [5], мировым лидером по производству которых является Швейцарская компания CIBA (BASF).

Высокая стабилизирующая активность ПЗА обусловлена их многофункциональностью. ПЗА экранируют полимер, поглощая УФ-излучение (абсорберы), дезактивируют гидропероксиды и возбужденные хромофоры [6].

Цель работы – изучение влияния функциональных наполнителей на физико-химические и эксплуатационные свойства инсектицидной полимерной пленки.

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ

Объектом исследования служили полимерные пленочные образцы инсектицидных полимерных составов на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) марки 16803-070 (ГОСТ 16337-77).

Активными компонентами в полимерных пленочных композиционных материалах ПЭВД послужили инсектициды различного спектра действия, широко распространенные на рынке Беларуси и стран СНГ. Их основные характеристики представлены в таблице 1.

Инсектициды пластифицировали диоктилфталатом (ДОФ) (ТУ 6-09-08-1504, ГОСТ 8728), обладающим слабым инсектицидным действием.

В качестве УФ-стабилизатора в полимерных композициях использовали производное клас-

са ПЗА – бис-(2,2,6,6-тетраметил-4-пиперидинил)терефталат (Tinuvin 783) – белый порошок с желтоватым оттенком, представляющий собой синергичную смесь олигомерных напряженных аминных стабилизаторов (HALS) Tinuvin 622 и Chimassorb 944 (1:1) и обладающий высокой устойчивостью к экстракции и низкой летучестью.

Tinuvin 783 термодинамически совместим с ПЭВД (интервал температур плавления 55–140 °С, точка вспышки 192 °С, плотность 514 г/л), что обуславливает технологичность процесса получения пленки методом рукавно-пленочной экструзии.

Композиции с содержанием модифицирующих реагентов готовили смешением. Оценку совместимости компонентов и технологичность переработки композиций на их основе проводили с помощью экструзионного агрегата НААКЕ RHEOCORD 90. Композиции выбранных соста-

Таблица 1 – Основные характеристики используемых инсектицидов

Класс инсектицида	Действующее вещество	Название (торговая марка), брутто-формула	Химическая формула	ТУ	Номер гос. рег.
Синтетические пиретроиды	Перметрин	«Перметрин», вязкая жидкость; (IRS)-цис, транс-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилцикло-пропанкарбоновой кислоты 3-феноксibenзиловый эфир	$(C_{21}H_{20}Cl_2O_3)$	113-04-331-91	01-0019
	Циперметрин	«Шарпей», МЭ; (IRS)-цис, транс-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилцикло-пропанкарбоновой кислоты (RS)-3-фенокси-а-цианобензиловый эфир	$(C_{22}H_{19}Cl_2NO_3)$	2387-015-45418518-99	01-0099
	β-циперметрин	«Кинмикс», КЭ; α-циано-3-феноксибензол-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметил-циклопропанкарбоксилат	$(C_{22}H_{19}Cl_2NO_3)$	2441-061-48811647-2006	01-0025
Фосфорорганический инсектицид	Пиримифос-метил	«Актеллик», КЭ; 2-диэтиламино-6-метилпиримидин-4-ил диметилфосфат	$(C_{11}H_{20}N_3O_3PS)$	2387-007-00494172-97	01-0027
Неоникатиноид	Имидаклоприд	«Искра Золотая», ВРК; 4,5-дигидро-N-нитро-1-[(6-хлор-3-пиридил)метил]имидазолидин-2-иленамин	$(C_9H_{10}Cl_5NO_2)$	2387-087-42315284-04	01-0110

вов перерабатывали в пленку методом рукавной экструзии при следующем соотношении компонентов, **мас. %**: ПЭВД – 93–95, ДОФ – 2–4, инсектицид – 1–2 [7], бис-(2,2,6,6-тетраметил-4-пиперидинил)терефталат – 1–2.

Деформационно-прочностные показатели пленок (разрушающее напряжение при растяжении σ и относительное удлинение ε при разрыве) определяли по ГОСТ 14236-81 с помощью разрывной машины Instron 5567 (США). Регистрировали изменение деформационно-прочностных характеристик в процессе старения пленок, подвергаемых УФ-облучению по 8 **ч/сут** в течение 6 месяцев. Испытания проводили согласно методу, изложенному в ENISO 4892-2:2011 (Пластмасса. Методы испытаний на воздействие лабораторных источников света. Часть 2. Ксеноновые дуговые лампы).

ИК-спектры образцов исследуемых материалов регистрировали в диапазоне волновых чисел 4000–400 **см⁻¹** на ИК-Фурье спектрофотометре NICOLET 5700. Идентификацию и анализ полученных спектров осуществляли с использованием имеющихся данных по ИК-спектрам полимеров и органических соединений [8, 9, 10].

Исследование динамики синергетического выделения жидкой фазы (инсектицид/пластификатор) с поверхности полиэтиленовой пленки осуществляли гравиметрическим методом. Испытания проводили на пленочных образцах в виде квадратов со стороной 50 **мм**. Перед проведением испытаний образцы кондиционировали в течение 24 **ч**. Испытуемые образцы пленок взвешивали на аналитических весах марки Ohaus RV 64 с точностью до 0,001 **г**. Каждый образец состава ПЭВД/пластификатор/инсектицид помещали между двумя адсорбирующими пленками. Миграцию жидкой фазы в процентах измеряли по формулам 1, 2 (ГОСТ 14926):

$$\text{Миграция} = \frac{m \cdot 100}{m_1}, \quad (1)$$

$$m = \frac{m_2 + m_3}{2}, \quad (2)$$

где m_1 – масса образца до испытания, **г**; m_2 – потеря массы образца, **г**; m_3 – увеличение массы двух адсорбирующих пленок, **г**.

Инсектицидное действие пленок изучали относительно личинок платяной моли (*Tineola biselliella*) и личинок комнатных мух (*Musca domestica*). Гусениц моли выращивали в чашках Петри на агарсодержащих средах. Затем помещали в чашки образцы шерстяной ткани (3×3), которые были вложены в открытые конверты из исследуемой пленки. Через 30 суток регистрировали количество повреждений ткани (**p**) и бабочек (**n**) в чашках. Личинки мух (по 50 особей) помещали в бюксы на образцы исследуемых пленок. Спустя 5 **ч** регистрировали число (**m**) погибших личинок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Свето- и термостабилизатор Tinuvin 783 хорошо совмещается с ПЭВД. Инсектицид, растворенный в пластификаторе, практически не связывается с макромолекулами, сохраняя молекулярную подвижность и способность к испарению. Стабилизатор нейтрализует образующиеся при фотоокислении макромолекулы радикалы с образованием ингибиторов окисления. Благодаря этому еще более увеличивается подвижность молекул инсектицида в матрице ПЭВД. Это ускоряет испарение и обуславливает повышенную концентрацию паров инсектицида вблизи поверхности пленки даже при малом содержании инсектицида в составе композиции. Дозированное выделение паров из свободного объема полимерной матрицы продолжается до 3–4 лет, пока не израсходуется весь запас инсектицида.

По данным деформационно-прочностных показателей диапазон оптимальных концентраций ПЭВД соответствует 93–95 **мас. %**. Увеличение концентрации до 96 % (образец 4) приводит к снижению инсектицидности пленок, вероятно, за счет большей степени связывания молекул инсектицида и макромолекул ПЭВД, тормозящего выделение паров инсектицида (таблица 2).

Область оптимальных концентраций ДОФ составляет 2–4 %. Увеличение концентрации ДОФ до 5 % (образец 5) не приводит к улучшению деформационно-прочностных характеристик пленки по сравнению с образцом 2, содержащим 3 % ДОФ. Снижение содержания ДОФ до

Таблица 2 – Изменение величины деформационно-прочностных характеристик инсектицидных полимерных пленок в процессе светового старения

№ образцов	Компоненты и их содержание, мас. %						Показатели свойств пленок						
	ПЭВД	ДОФ	Имидакло-прид	β -циперметрин	Пиримифос-метил	Tinuvin 783	Инсектицид-ность			Деформационно-прочностные характеристики σ (МПа)/ ϵ (%) после облучения в течение месяца			
							p	n	$m, \%$	Месяц			
										0	1	2	3
1	92	4	2	-	-	2	0	0	100	8,4/400	8,2/380	7,9/370	7,9/370
2	93	3	2			2	0	0	100	8,6/400	8,3/380	8,1/370	8,1/370
3	95	2	2			1	0	0	100	8,6/400	8,4/380	8,2/380	8,1/370
4	96	2	1			1	8	4	90	8,7/380	8,4/380	8,3/380	8,1/370
5	93	5	1	-	-	1	0	0	100	8,5/380	8,3/380	8,0/370	8,0/370
6	95	1	2			2	5	2	95	8,6/390	8,4/380	8,3/380	8,1/370
7	95	3	0,5			1,5	10	5	85	8,6/380	8,3/380	8,1/370	8,1/370
8	93		3			1	0	0	100	8,6/380	8,2/370	8,1/380	8,0/370
9	95	3	1,5	-	-	0,5	8	5	88	8,6/390	7,6/370	6,2/330	5,5/310
10	93	2	2			3	0	0	100	8,6/390	8,3/390	8,1/380	8,1/370
11	94	3	-	1,5	-	1,5	0	0	100	8,6/390	8,3/380	8,3/380	8,0/370
12	94				1,5	1,5	0	0	100	8,5/380	8,3/380	8,3/380	8,0/370
13	94	3	3	-	-	-	0	0	100	11,4/410	7,5/370	6,2/330	5,4/300

1 % (образец 6) замедляет выделение инсектицида и обуславливает снижение инсектицидной активности пленки.

Снижение концентрации инсектицида до 0,5 % (образец 7) резко ухудшает инсектицидность пленки, а увеличение содержания до 3 % не дает выигрыша в эксплуатационных характеристиках пленки по сравнению с образцом 2 (2 мас %).

Оптимальная концентрация стабилизатора Tinuvin 783 соответствует диапазону 1–2 мас. %. При концентрации Tinuvin 783, равной 0,5 % (образец 9), заметно ухудшается инсектицидность пленки, по-видимому, вследствие нарушения синергетического соотношения концентраций Tinuvin 783/инсектицид. Увеличение содержания Tinuvin 783 до 3 % (образец 10) не приводит к улучшению эксплуатационных свойств пленки по сравнению с образцами 2 и 3, концентрация 2 и 1 мас. %.

Пленки оптимального состава (образцы 2 и 3) превосходят остальные образцы по стабильности деформационно-прочностных характеристик в условиях фотостарения, не уступая им по

инсектицидной активности. Эта закономерность справедлива для всех исследованных инсектицидов.

С целью подтверждения физико-химических взаимодействий, протекающих в инсектицидных пленочных образцах, была изучена совместимость пластификатора ДОФ и инсектицидов классов синтетические пиретроиды, неоникотиноиды, фосфорорганические соединения методом ИК-спектроскопии (МНПВО), а также сравнение спектров пропускания.

В ИК-спектре композиции ПЭВД/ДОФ/инсектицид/Tinuvin 783 в области 3400–3409 см⁻¹ наблюдается смещение широкой полосы поглощения в высокочастотную область, что является подтверждением образования водородных связей между функциональными группами композиции. Наличие данной полосы, очевидно, свидетельствует о равномерном распределении стабилизатора Tinuvin 783 в тройной композиции ПЭВД/ДОФ/инсектицид.

При сравнительном анализе ИК-спектров исходных образцов (ДОФ, перметрин, β -циперметрин, бинарных (ПЭВД/

Перметрин, ПЭВД/Циперметрин, ПЭВД/ β -циперметрин, ПЭВД/ДОФ; ДОФ/Перметрин, ДОФ/Циперметрин, ДОФ/ β -циперметрин) и тройных композиций (ПЭВД/ДОФ/Перметрин, ПЭВД/ДОФ/Циперметрин, ПЭВД/ДОФ/ β -циперметрин) наблюдается сдвиг полосы поглощения сложноэфирных групп ($C=O$) в области $1740-1726\text{ см}^{-1}$ на $10-25\text{ см}^{-1}$, что связано с участием этих групп в протекании физико-химических реакций при формировании пленок, внутримолекулярных и межмолекулярных взаимодействий.

Рассмотрим образование эфирных групп на примере тройных и бинарных композиций на основе действующего вещества Перметрин (торговая марка «Перметрин»).

Валентное колебание группы $C-C(=O)-O$ дает мультитриплетные полосы в области $1300-1160\text{ см}^{-1}$ (рисунок 1).

Наличие интенсивной широкой полосы отражения композиции ПЭВД/ДОФ/Перметрин/Tinuvin 783 в области $1258,3\text{ см}^{-1}$ указывает на появление эфирной связи ($=C-O-C$) (рисунок 1), образующейся за счет физико-химиче-

ских взаимодействий между молекулами ДОФ и Перметрин, что подтверждается вкладом бинарной композиции – ДОФ/Перметрин ($1271,9\text{ см}^{-1}$) в образовании связей в системе ПЭВД/ДОФ/Перметрин/Tinuvin 783.

Широкая полоса отражения композиции ПЭВД/ДОФ/Перметрин/Tinuvin 783 в области $1137-1117\text{ см}^{-1}$, описывающая эфирную связь, образуется за счет физико-химических взаимодействий в бинарной композиции ДОФ/Перметрин ($1122,4\text{ см}^{-1}$). А появление широкой полосы пропускания в области $1138-1119\text{ см}^{-1}$ подтверждает вклад простой эфирной связи ($C-O-C$) (рисунок 1), которая также образуется за счет бинарной композиции ДОФ/Перметрин ($1122,4\text{ см}^{-1}$) при взаимодействии инсектицида Перметрин и пластификатора ДОФ.

В процессе термоокислительной деструкции происходит уменьшение числа групп ($-OH$) ДОФ и образование эфирной связи ($=C-O-C$) с молекулой инсектицида (рисунок 2).

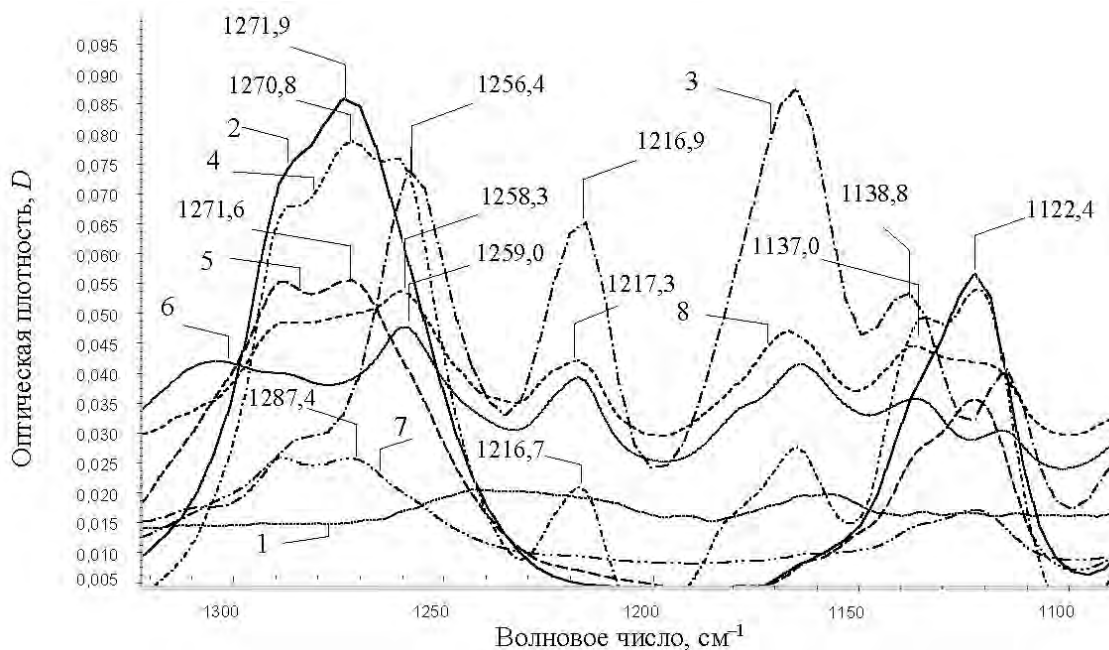


Рисунок 1 – Сравнительный анализ ИК-спектров модифицирующих реагентов в области $1300-1100\text{ см}^{-1}$: 1 – ПЭВД, 2 – ДОФ/Перметрин, 3 – ДОФ, 4 – Перметрин, 5 – ПЭВД/Перметрин, 6 – ПЭВД/ДОФ, 7 – ПЭВД/ДОФ/Перметрин (спектр пропускания), 8 – ПЭВД/ДОФ/Перметрин (МНПВО)

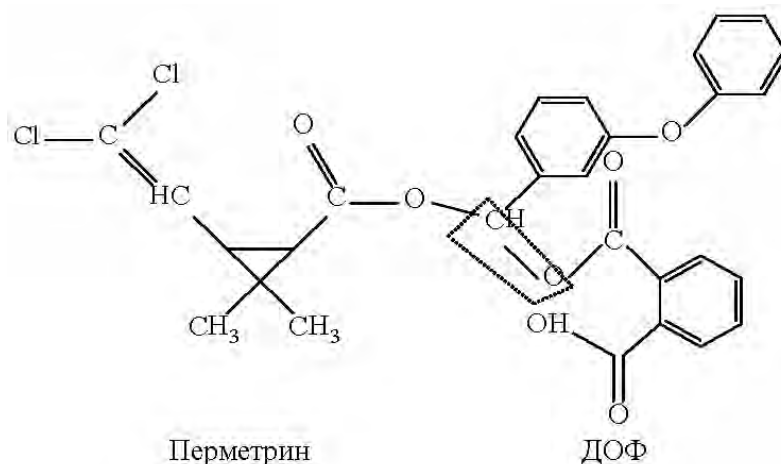


Рисунок 2 – Образование эфирной связи между молекулами инсектицида Перметрин и пластификатора ДОФ

Синерезис является сложным процессом, включающим выпотевание жидкости и испарение легколетучих компонентов. Введение в экструдруемую смесь пластификатора ДОФ (2–3 мас. %) позволяет интенсифицировать процесс выделения инсектицида из пленки. Инсектицид мигрирует вместе с ДОФ на поверхность пленки по механизму синерезиса, что облегчает последующий процесс переноса инсектицида к поверхности защищаемого изделия. С увеличением

концентрации ДОФ (> 5 мас. %) в композиционных пленках скорость синерезиса возрастает и соответственно увеличивается интенсивность диффузии инсектицида, однако снижается время инсектицидной активности композиционных пленок.

На рисунке 3 представлена кинетическая зависимость выделения жидкой фазы с поверхности композиционной полиэтиленовой пленки состава ПЭВД/ДОФ/инсектицид Tinuvin 783.

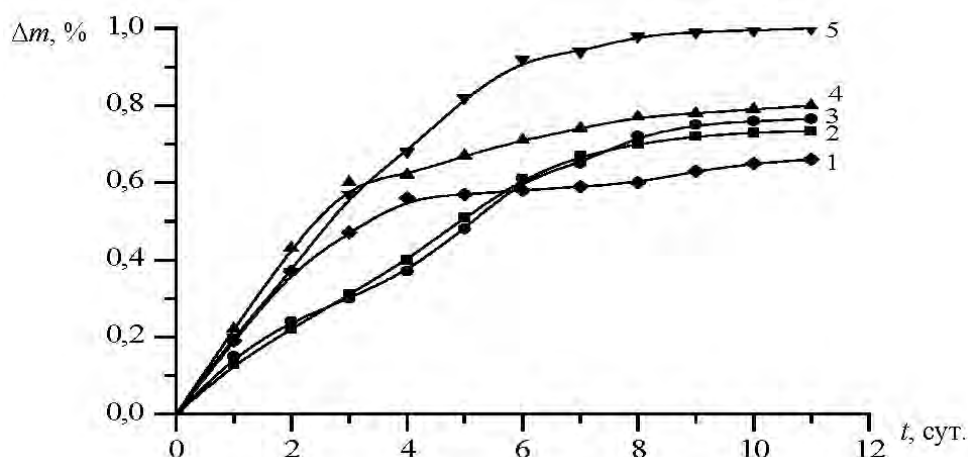


Рисунок 3 – Кинетическая зависимость выделения жидкой фазы с поверхности композиционной полиэтиленовой пленки ПЭВД/ДОФ (2 %)/инсектицид (1 %)/Tinuvin 783 (1 %): 1 – ПЭВД/ДОФ/Имидаклоприд/Tinuvin 783, 2 – ПЭВД/ДОФ/Перметрин/Tinuvin 783, 3 – ПЭВД/ДОФ/Циперметрин/Tinuvin 783, 4 – ПЭВД/ДОФ/β-циперметрин/Tinuvin 783, 5 – ПЭВД/ДОФ/Пиримифос-метил/Tinuvin 783

Исследование инсектицидных полимерных образцов, содержащих 5 *мас. %* модифицирующей жидкости (ДОФ – 3 %, инсектицид – 2 %), подтверждает линейную зависимость синерезиса от природы инсектицида. Максимальное выделение жидкой фазы достигается на 10 сутки с момента формирования полимерного композита и составляет ~1,5 *мас. %*. Через 30 суток происходит незначительное изменение выделения модификатора (~ 1,7 *мас. %*), а к 60 суткам интенсивность выделения жидкой фазы заметно уменьшается и составляет ~ 2 *мас. %*.

Установлено, что около 3 *мас. %* модифицирующей жидкости частично расходуется при формировании образцов, а около 2 *мас. %* остается в полимерной матрице, что позволяет судить о возможности физико-химических процессов, протекающих при формировании композита образованием сшитой сетки композита, которая препятствует дальнейшему синерезису модифицирующей жидкости.

ВЫВОДЫ

Введение целевых добавок инсектицидов из классов синтетических пиретроидов (Преметрин, Циперметрин, β -циперметрин), фосфорорганических соединений (Пиримифос-метил), неоникотиноидов (Имдаклоприд) и УФ-стабилизатора из класса стерически-затрудненных аминов – бис-(2,2,6,6-тетраметил-4-пиперидинил)терефталат (Tinuvin 783) в полимерную мат-

рицу на основе ПЭВД свидетельствует о протекании физико-химических взаимодействий между функциональными группами компонентов, что позволяет получить новый многофункциональный инсектицидный полимерный материал, сочетающий в себе удовлетворительные деформационно-прочностные свойства (высокий предел прочности при растяжении (~8,1 МПа)), стойкость к воздействию УФ-лучей, обладающий пролонгированным действием, высокой инсектицидной активностью, длительным сроком эксплуатации.

Разработанная многофункциональная инсектицидная пленка может найти применение на предприятиях химической промышленности, выпускающих полимерную пленочную продукцию. Использование инсектицидной укрывной пленки пролонгированного действия позволит решить проблему защиты сельскохозяйственных угодий, лесных хвое-лиственных насаждений от насекомых-фитофагов, а также снизить потери от биоповреждения упакованных в пленочные чехлы изделий легкой промышленности.

Для производства многофункциональной полимерной пленки может быть рекомендована композиция следующего состава (*мас. %*): ПЭВД – 93–96, пластификатор (ДОФ) – 2–3, инсектицид – 1–2, стабилизатор (Tinuvin 783) – 1–2.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бумага, пропитанная инсектицидными действующими веществами: патент RU 2450517, Штефан Шюле, Бернхард Летцнер, Жоффе Аллс, Франсуа Акль; заявитель Байер КропСайенс АГ. – № 2008149431/13, МПК A01N53/00, A01N25/20, A01P7/04. – Оpubл. 20.05.12, Официальный патентный бюллетень РФ «Изобретения. Полезные модели», Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 2012, № 14, 4 с.

REFERENCES

1. Paper impregnated with insecticidal active substances: patent RU 2450517 [Bumaga, propitannaja insekticidnymi dejstvujushimi veshhestvami: pat. RU 2450517], Stefan Schuele, Bernhard Letzner, Joffre Alls, Francois Akl; applicant Bayer CropScience AG. – vol. 2008149431/13, IPC A01N53/00, A01N25/20, A01P7/04. – Publ. 20.05.12, Official Patent Bulletin of the Russian Federation "Inventions. Utility Models", Federal Intellectual Property Service, 2012, vol. 14, 4 p.

2. *Инсектицидные композиции с замедленным высвобождением*: патент RU 2475026, Монсонис Гуэль Эдуард, Кортес Бареа Хорди; заявитель ЭС.СИ. ДЖОНСОН ЭНД САН, ИНК. (US). – № 2009146030, МПК A01N53/06, A01N53/02, A01N25/10, A01N25/02, A01P7/04. – Опубл 20.02.13, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2013, Бюл. № 5.
3. *Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь 2017 год*, Каталог пестицидов и удобрений, разрешенных для применения в Республике Беларусь.
4. Лашкина, Е. В., Ермолович, О. А. (2012), Разработка многофункциональных полимерных пленок для защиты сельскохозяйственных и лесных угодий от насекомых-фитофагов, *Материалы VI Международная научная конференция «Природная среда Полесья и устойчивое развитие агропромышленного комплекса региона»*, Брест, 2012, ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт» НАН РБ, С. 156–159.
5. *Стабилизатор для полиолефинов*: патент. US 6869992, Gugumus Fran. cedilla. ois. (Allschwil, CH); заявитель Ciba Specialty Chemicals Corporation (Tarrytown, NY), МПК C08K5/34 – Appl. No. 10/182,073; заявл. 23.07.02; опубл. 22.03.05.
6. Цвайфель, Х., Цвайфель, Х., Маер, Р. Д., Шиллер, М. (2016), *Добавки к полимерам. Справочник*, Санкт-Петербург, Профессия, 2016, 1088 с.
7. Лашкина, Е. В. (2010), Физико-химические параметры активных композиционных материалов на основе полиолефинов, Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности, *Труды 9-й Международной научно-практической конференции*, Санкт-Петербург, 2010, С. 322–323.
2. *Sustained release insecticidal compositions: patent RU 2475026* [Insekticidnye kompozicii s zamedlennym vysvobozhdeniem: patent RU 2475026], Monsonis Guell Edouard, Cortez Barea Jordi; applicant ES S.I. JOHNSON AND SUN, INC. (US). – vol. 2009146030, IPC A01N53/, A01N53/02, A01N25/10, A01N25/02, A01P7/04. – Publ 20.02.13, Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks, 2013, Bul. No. 5.
3. *The state register of means of protection of plants (pesticides) and fertilizers allowed for use in the territory of Republic of Belarus 2017*, Katalog pesticidov i udobrenij, razreshennyh dlja primeneniya v Respublike Belarus'.
4. Lashkina, E. V., Ermolovich, O. A. (2012), Development of multifunctional polymer films to protect agricultural and forest land from insect phytophages [Razrabotka mnogofunkcional'nyh polimernyh plenok dlja zashhity sel'skhozajstvennyh i lesnyh ugodij ot nasekomyh-fitofagov], *Materials of the VI International Scientific Conference "The Natural Environment of Polesie and the Sustainable Development of the Agro-Industrial Complex of the Region"*, Brest, 2012, GNU "Polesky Agrarian and Ecological Institute" NAS RB, pp. 156–159.
5. *Stabilizer for polyolefins*: patent. US 6869992 [Stabilizator dlja poliolefinov: pat. US 6869992], Gugumus Fran. cedilla. ois. (Allschwil, CH); applicant Ciba Specialty Chemicals Corporation (Tarrytown, NY), IPC S08K5/34 – Appl. No. 10/182.073; filed. 07.23.02; publ. 03.22.05.
6. Zweifel, H., Zweifel, H., Maer, R. D., Schiller, M. (2016), *Dobavki k polimeram. Spravochnik* [Additives to polymers. Directory], St. Petersburg, Profession, 2016, 1088 p.
7. Lashkina, E. V. (2010), Physical and chemical parameters of active composite materials on the basis of polyolefins [Fiziko-himicheskie parametry aktivnyh kompozicionnyh materialov na osnove poliolefinov], Research, development

8. Преч, Э., Бюльманн, Ф., Аффольтер, К. (2006), *Определение строения органических соединений*, Москва, Мир, 440 с.
9. Тарутина, Л. И. (1986), *Спектральный анализ полимеров*, Ленинград, Химия, 248 с.
10. Дехант, И. (1986), *Инфракрасная спектроскопия полимеров*, Москва, Химия, 472 с.
- and use of high technologies in the industry, *Proceedings of the 9th International scientific and practical conference*, St. Petersburg, 2010, pp. 322–323.
8. Prech, E., Bulmann, F., Affolter, K. (2006), *Opredelenie stroenija organicheskikh soedinenij* [Determination of the structure of organic compounds], Moscow, Mir, 440 p.
9. Tarutina, L. I. (1986), *Spektral'nyj analiz polimerov* [Spectral analysis of polymers], Leningrad, Chemistry, 248 p.
10. Dekhant, I. (1986), *Infrakrasnaja spektroskopija polimerov* [Infrared spectroscopy of polymers], Moscow, Chemistry, 472 p.

Статья поступила в редакцию 17.10.2020 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМОВАНИЯ НА НАКРАШИВАЕМОСТЬ ГЕЛЬ-ВОЛОКОН ИЗ СОПОЛИМЕРОВ АКРИЛОНИТРИЛА, МЕТИЛАКРИЛАТА И ИТАКОНОВОЙ КИСЛОТЫ

STUDY OF THE INFLUENCE OF FORMATION CONDITIONS ON DYEABILITY OF GEL-FIBERS MADE FROM COPOLYMERS OF ACRYLONITRILE, METHYL ACRYLATE AND ITACONIC ACID

УДК 677.494.745.32 : 677.027.423

Н.В. Пчелова*, Л.А. Щербина, И.С. Городнякова,
И.А. Будкоте

Могилевский государственный университет
продовольствия

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13912>

N. Pchelova*, L. Shcherbina, I. Haradniakova,
I. Budkute

Mogilev State University of
Food Technologies

РЕФЕРАТ

СОПОЛИМЕР, АКРИЛОНИТРИЛ, МЕТИЛАКРИЛАТ, ИТАКОНОВАЯ КИСЛОТА, ДИМЕТИЛФОРМАМИД, ФОРМОВАНИЕ, НАКРАШИВАЕМОСТЬ, ИНДЕКС БЕЛИЗНЫ

Целью работы явилось изучение влияния содержания кислотного сомономера и условий формования на крашиваемость гель-волокон на основе сополимеров акрилонитрила (АН), метилакрилата (МА) и итаконовой кислоты (ИмК). Синтезированы модельные сополимеры АН, МА и ИмК с содержанием кислотного сомономера в мономерной смеси от 0 до 2 % (масс.) за счет изменения доли МА. Оценка корреляции между загрузкой кислотного мономера в реактор и реальным количеством этого же мономера, вступившего в реакцию сополимеризации, осуществлялась по сорбции красителя метиленового голубого пленками модельных сополимеров. Установлено, что содержание ИмК в сополимере оказывается ниже, чем содержание ИмК в исходной полимеризационной смеси. С использованием стендовой прядильной установки на основе синтезированных сополимеров получены по диметилформамидному способу образцы модельных волокон.

Исследование крашиваемости полиакрилонитрильных волокон в гель-состоянии показало, что количество сорбированного красителя прямо пропорционально содержанию ИмК в сополимере и не зависит от температуры оса-

ABSTRACT

COPOLYMER, ACRYLONITRILE, METHYL ACRYLATE, ITACONIC ACID, DIMETHYLFORMAMIDE, FORMATION, COLORABILITY, WHITENESS INDEX

The aim of this work was to study the effect of the acid comonomer content and the spinning conditions on the coloring of gel fibers based on copolymers of acrylonitrile (AN), methyl acrylate (MA), and itaconic acid (ITA). Model copolymers AN, MA, and ITA with an acid comonomer content in the monomer mixture from 0 to 2 % (weight) due to a change in the MA fraction were synthesized. The correlation between the loading of the acid monomer into the reactor and the real amount of the same monomer that entered the copolymerization reaction was estimated by the sorption of methylene blue dye by films of model copolymers. It was found that the content of ITA in the copolymer is lower than the content of ITA in the initial polymerization mixture. Using a bench spinning machine based on the synthesized copolymers, samples of model fibers were obtained by the dimethylformamide method.

The study of the coloring of polyacrylonitrile fibers in the gel state showed that the amount of sorbed dye is directly proportional to the content of ITA in the copolymer and does not depend on the temperature of the precipitation bath. It was found that the whiteness index (lightness) practically does not depend on the temperature of the precipitation bath, but to a greater extent is determined by the content

* E-mail: verkhautsova@mail.ru (N. Pchelova)

дительной ванны. Установлено, что индекс белизны (светлота) практически не зависит от температуры осадительной ванны, а в большей степени определяется содержанием кислотного сомономера в сополимере. Максимальное снижение индекса белизны наблюдается при повышении содержания **ИмК** в сополимере от 0 до 0,7 %. Дальнейшее увеличение этого показателя до 1,79 % приводит к практически линейному снижению индекса белизны с 11–14 до 7,4–7,8 %.

of acidic comonomer in the copolymer. The maximum decrease in the whiteness index is observed with an increase in the content of **ИТА** in the copolymer from 0 to 0.7 %. A further increase in this indicator to 1.79 % leads to an almost linear decrease in the whiteness index from 11–14 to 7.4–7.8 %.

Одним из важных свойств полиакрилонитрильных (ПАН) волокон текстильного назначения является их способность окрашиваться катионными красителями. Известно, что в зависимости от композиционного состава волокнообразующего сополимера и способа изготовления получают ПАН волокна с различными свойствами и особенностями в отношении окрашивания различными классами красителей. Наиболее многочисленную группу среди ПАН волокон представляют волокна на основе сополимеров акрилонитрила (**АН**), содержащих кислотные сомомеры (итаконовую кислоту (**ИмК**), 2-акриламид-2-метилпропансульфо кислоту (**АМПС**), акриловую кислоту и др.) [1–5]. Эти волокна отличаются повышенным сродством к основным красителям.

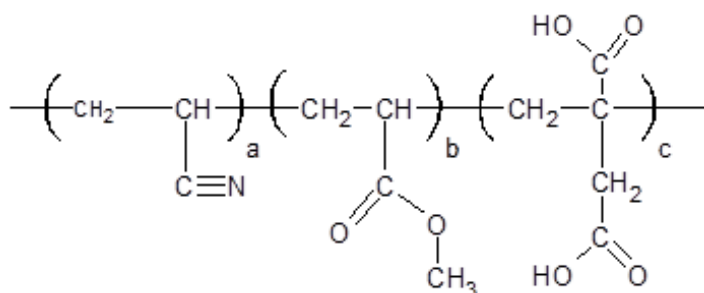
Несмотря на значимость того факта, что растворитель может оказывать существенное влияние на формирование структуры и профиля формируемых волокон, в открытом доступе практически отсутствует информация о том, какие изменения структурно-морфологических свойств волокон будут происходить при замене одного кислотного сомономера на другой, а также при изменении его содержания в сополимере (при использовании практически любого из растворителей).

С целью расширения ассортимента волокнистых материалов текстильного и специального назначения, а также с целью разработки путей повышения экономической эффективности и сырьевой «независимости» завод «Полимир» ОАО «Нафтан» рассматривает вопрос о возможности замены кислотного сомономера **АМПС** на **ИмК** при производстве волокна марки ни-

трон Д по диметилформамидному методу. В настоящее время реализованный на данном предприятии технологический процесс производства ПАН волокна на основе [**АН-co-МА** (метилакрилат)-**co-АМПС**] предусматривает использование в качестве растворителя диметилформамида (**ДМФ**). Анализ имеющейся в открытых источниках научно-технической информации не позволил обнаружить материалы, позволяющие как организовать технологический процесс производства волокна на основе поли[**АН-co-МА-co-ИмК**] по диметилформамидному методу, так и ответить на вопросы, каково должно быть оптимальное содержание **ИмК** в сополимере, какие режимы необходимы для формования таких волокнистых материалов и каковы будут их свойства.

Целью данной работы является исследование и анализ влияния композиционного состава сополимера, состава и температуры осадительной ванны на окрашиваемость волокон, получаемых по диметилформамидному методу из сополимеров **АН**, **МА** и **ИмК** при варьировании содержания последней 0 до 2 % (**масс.**) от массы мономеров при загрузке в реактор).

Для оптимизации содержания **ИмК** в поли[**АН-co-МА-co-ИмК**] проведена серия синтезов данных сополимеров, в ходе которых варьировалось количество **ИмК** от 0 до 2 % (**масс.**) за счет изменения доли **МА**. Для проведения экспериментальных работ методом гомофазной полимеризации синтезированы следующие образцы волокнообразующих сополимеров на основе **АН**, **МА** и **ИмК**:



- поли[АН (91)-co-МА (9)];
- поли[АН (91)-co-МА (8,5)-co-ИмК (0,5)];
- поли[АН (91)-co-МА (8,3)-co-ИмК (0,7)];
- поли[АН (91)-co-МА (8,1)-co-ИмК (0,9)];
- поли[АН (91)-co-МА (8,0)-co-ИмК (1,0)];
- поли[АН (91)-co-МА (7,8)-co-ИмК (1,2)];
- поли[АН (91)-co-МА (7,5)-co-ИмК (1,5)];
- поли[АН (91)-co-МА (7,0)-co-ИмК (2,0)].

Для нахождения корреляции между загрузкой кислотного мономера в реактор и реальным количеством этого же мономера, вступившего в реакцию сополимеризации, важно определить фактические значения содержания **ИмК** в сополимере, по сравнению с его количеством в реакционной смеси (**РС**).

С этой целью было проведено крашение красителем метиленовым голубым пленок, полученных из синтезированных образцов сополимеров [6]. На рисунке 1 приведены результаты определения содержания **ИмК** в модельных сополимерах.

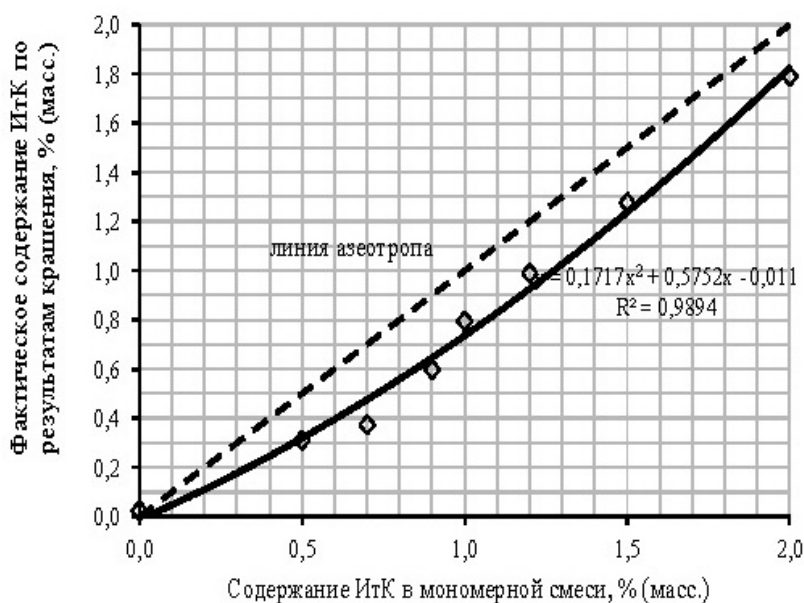


Рисунок 1 – Результаты определения содержания итаконовой кислоты (по сорбции красителя метиленового голубого) в образцах поли[АН-co-МА-co-ИмК]

Установлено, что содержание **ИмК** в сополимере ниже, чем его содержание в исходной мономерной смеси, по-видимому, по причине пониженной относительной реакционной способности в процессах присоединения к макрорадикалам на этапе роста цепи [6].

Для определения влияния содержания **ИмК** в поли[АН-со-МА-со-ИмК] на свойства полиакрилонитрильных волокон, полученных из диметилформамидных прядильных растворов данных сополимеров с помощью стендовой прядильной установки, сформованы модельные волокна в соответствии с условиями, представленными в таблице 1.

Малая прядильная установка (рисунок 2) представляет собой агрегат, включающий узел дозировки прядильного раствора – механизм толкателя (2, 3, 4), механизм галет (10, 11, 14, 15), механизм приема нити (16, 17, 18). Процесс нитеобразования происходит в ванне 6, а ориентационная (пластификационная) вытяжка – в пластификационной ванне 12.

Последовательность работы прядильной установки следующая. На шприц 4 навинчивали фильерный комплект 5. Обезвоздушенный прядильный раствор заливали в шприц 4, который помещали в гнездо корыта осадительной ванны. Подача прядильного раствора через фильерный

Таблица 1 – Условия формования модельных образцов

Способ формования	мокрый
Растворитель	ДМФ
Концентрация растворителя в осадительной ванне, %	0; 55
Температура осадительной ванны, °C	5, 15, 35
Температура пластификационной ванны, °C	95,5
Количество отверстий в фильтре, шт.	120
Пластификационная ванна	вода
Кратность пластификационного вытягивания	5

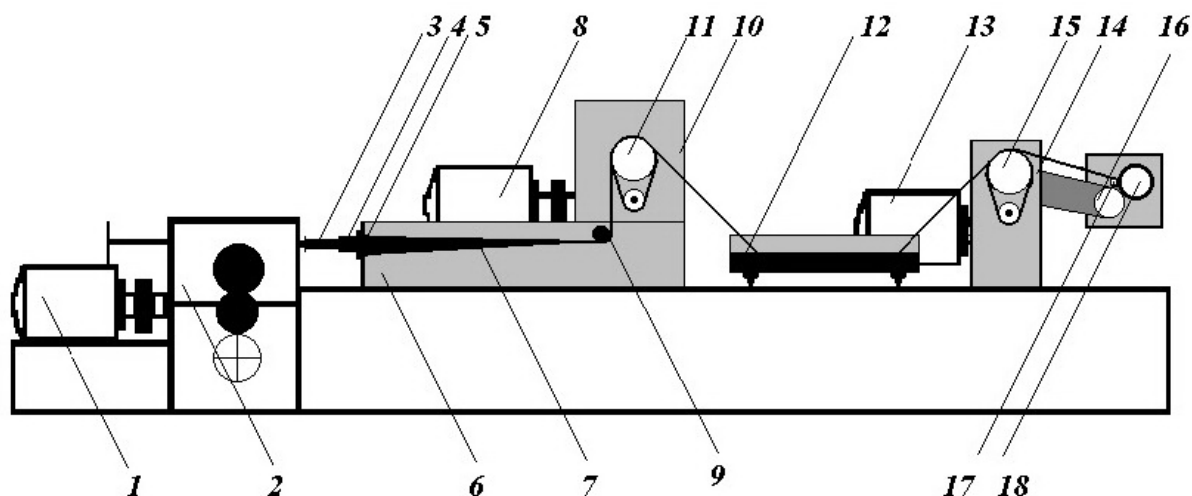


Рисунок 2 – Прядильная установка (МУЛ-1): 1, 8, 13 – электропривод; 2, 10, 14 – редукторы; 3 – шток; 4 – шприц; 5 – фильерный комплект; 6 – корыто для осадительной ванны; 7 – формируемая нить; 9 – нитепроводник; 11, 15 – пара вытяжных галет; 12 – пластификационная ванна – «утюг»; 16 – фрикцион; 17 – нитеводитель; 18 – бобина с нитью

комплект осуществлялась поступательным движением штока 3,двигаемого толкателем. Равномерное поступательное движение толкатель получает от электродвигателя 1 через редуктор 2.

Вытекающие из фильеры струйки прядильного раствора поступали в осадительную ванну 6, осаждались и, проходя через направляющую палочку 9, принимались на галету 11. Далее волокно подвергали пластификационной вытяжке между галетами 11 и 15 в ванне 12 и наматывали на бобину 18, вращаемую фрикционом 16. Нарботанное волокно (на бобине) помещали в дистиллированную воду для его полной отмывки от остаточного растворителя. Галета 11 имеет отдельный привод, состоящий из электродвигателя 8 и редуктора 10. Вытяжная галета 15 и бобина 18 получают вращение от одного общего электродвигателя 13 через редуктор 14. Скорость вращения бобины 18 и вытяжной галеты 15 изменяются синхронно. Изменение подачи раствора, скорости вращения галет осуществляли путем смены шестерен в редукторах. Перед каждым экспериментом по формованию необходимо проверять точность подачи раствора через фильеру путем отбора проб раствора в

градуированный цилиндр.

Свежесформованные ПАН гель-волокна промывали на перфорированной бобине периодическим способом при гидромодуле не менее 100. Количество промывок составляло не менее 5. Каждая промывка длилась не менее 1 ч. Промывку вели до остаточного содержания растворителя в волокне не более 0,1 %. В качестве осадительных ванн были испытаны дистиллированная вода и 55 % водный раствор ДМФ. Температура осадительной ванны составляла 5, 15 и 35 °С.

На рисунке 3 представлены результаты изучения влияния условий нитеобразования на количество красителя метиленового голубого (% (масс.)), сорбированного свежесформованным гель-волокном на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК] при его формовании из диметилформамидных прядильных растворов в указанные осадительные ванны с температурой осадительной ванны 5, 15 и 35 °С.

Из данных, представленных на рисунке 3, следует, что при формовании волокон на основе сополимеров АН количество сорбированного красителя фактически прямолинейно зависит от

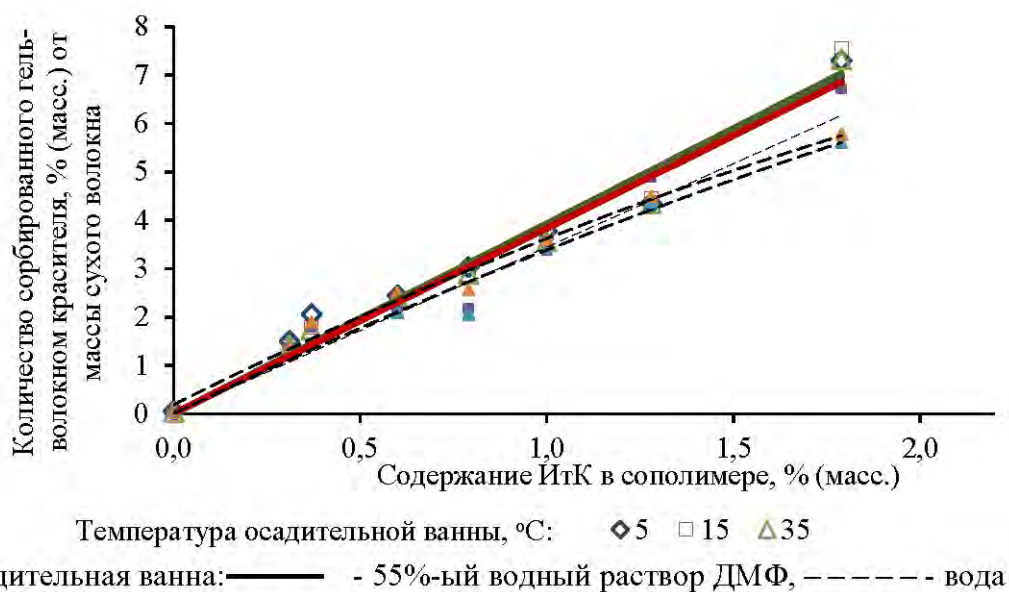


Рисунок 3 – Влияние содержания **ИтК** в сополимере на количество красителя метиленового голубого (% (масс.) от массы волокна), сорбированного гель-волокном, при проведении процесса формования в 55 % водный раствор ДМФ и воду с температурой 5, 15, 35 °С

содержания кислотных групп в волокнообразующем сополимере и не коррелирует (в пределах ошибки измерения) с условиями формования и достоверно не зависит от температуры осадительной ванны.

Сопоставление данных (рисунок 3) о сорбции красителя волокнами, сформованными в воду и 55 % водный раствор **ДМФ**, указывает на то, что среднее значение красителя, сорбированного волокном, сформованным в воду, ниже, что может быть объяснено более плотной надмолекулярной структурой, образуемой в результате спинодального распада системы «полимер – растворитель».

Внешний вид воздушно-сухих образцов ПАН волокон, сформованных при различных температуре и составе осадительной ванны (дистиллированная вода и 55 % водный раствор **ДМФ**) и окрашенных в гель-состоянии красителем метиленовым голубым, позволяет сделать вывод, что по мере увеличения содержания **ИмК** в сополимерах глубина окрашивания волокон на их основе увеличивается.

С помощью программ для обработки фотографических изображений были определены усредненные условные цветовые координаты для каждого из образцов окрашенных волокон.

Колористическую оценку окрашенных образцов волокон проводили по экспресс-мето-

дике, разработанной на кафедре химической технологии высокомолекулярных соединений Могилевского государственного университета продовольствия. Для этого все окрашенные образцы волокон сканировали на белом фоне с использованием фотосканера. Далее цветовая характеристика по цифровому изображению каждого образца усреднялась путем программы размытия изображений и определялся ее средний (из 10 точек) показатель в координатах **RGB**. Любой цвет в модели **RGB** образуется путем смешения в различных пропорциях этих трех базовых цветов. Каждый цвет в данной модели описывается тремя цифровыми значениями от 0 (минимальная интенсивность) до 255 (максимальная интенсивность).

В трехмерной системе координат цветовую модель можно представить в виде куба (рисунок 4).

Так, чистый синий цвет может быть определён как (0, 0, 255), красный – (255, 0, 0), ярко-фиолетовый – (255, 0, 255), чёрный – (0, 0, 0), а белый – (255, 255, 255).

С целью оценки общей интенсивности окраски каждого образца средние значения координат (**R**, **G**, **B**) суммировали ($R + G + B$). Для белого цвета сумма (R, G, B) = 255 + 255 + 255 = 765. Так как в данном случае красилось «условно белое» волокно (то есть имеющее сумму (**R**, **G**,

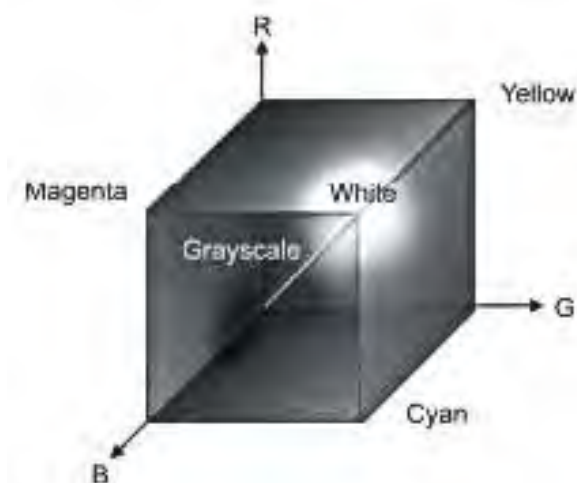


Рисунок 4 – Представление цветовой модели **RGB**

B), близкую к 765), то при крашении сумма (**R**, **G**, **B**) должна уменьшаться. То есть, чем меньше интенсивность окраски, тем ближе сумма значений (**R**, **G**, **B**) к 765.

По формуле находили индекс белизны (светлоты), x , % (от чисто белого):

$$x = \frac{(R + G + B)}{765} \cdot 100\% . \quad (1)$$

По уменьшению значения x контролировали интенсивность окраски экспериментальных образцов окрашенного волокна (чем выше значение x , тем хуже окрашивается образец нити).

С целью снижения субъективности колористической оценки результатов крашения волокон для каждого из образцов был рассчитан индекс белизны. Результаты расчётов проиллюстрированы на рисунках 5–8.

Данные, проиллюстрированные на рисунках 5–8, свидетельствуют о том, что индекс белизны (светлота) для волокон, сформованных в воде, изменяется аналогично изменению этого показателя для волокон, сформованных в 55 %

водном растворе **ДМФ**. Индекс белизны в значительной степени определяется содержанием кислотного сомономера в сополимере. Максимальное, практически линейное, снижение индекса белизны (светлоты) наблюдается при повышении содержания **ИмК** от 0 до 0,7 %. В дальнейшем наблюдается незначительное снижение индекса белизны с 11–14 до 7,4–7,8 %. В случае поли[**АН-со-МА**] использование в качестве осадительной ванны воды обеспечивает лучшую крашиваемость получаемому волокну, по сравнению с волокном, сформованным в 55 % водный раствор **ДМФ**, что связано, по-видимому, с образованием менее плотной структуры. Также в случае водной осадительной ванны более заметно влияние ее температуры на индекс белизны. При условии нитеобразования волокон при 35 °C они характеризуются несколько лучшей крашиваемостью, по сравнению с волокнами, сформованными при 5 и 15 °C. Вероятно, более «жесткие» условия нитеобразования, вызывая быстрое осаждение полимера, препятствуют в определенной степени более плотной упаковке макромолекул в филаментах.

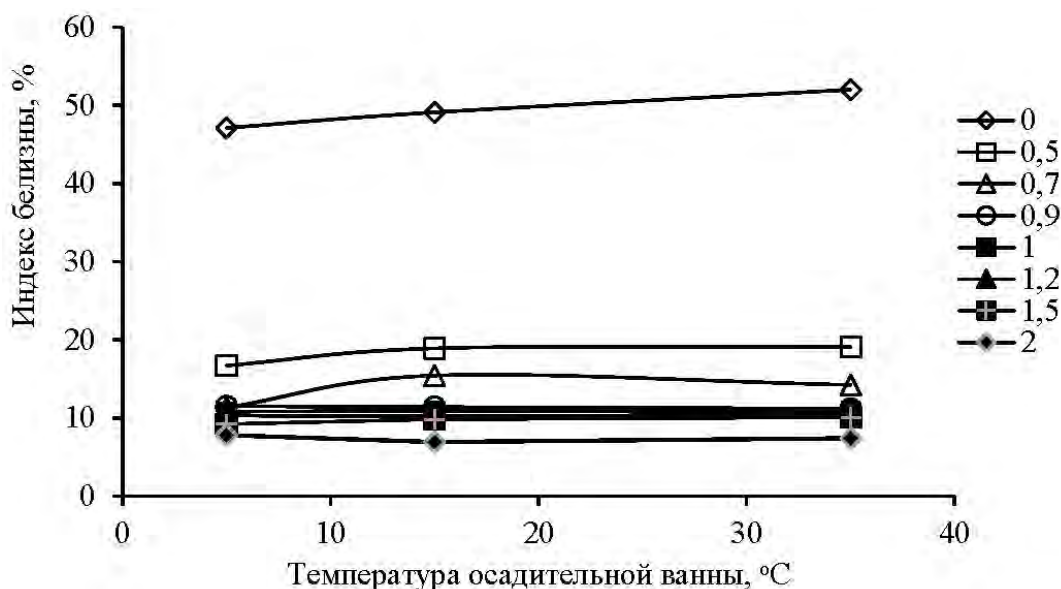


Рисунок 5 – Зависимость индекса белизны волокон на основе поли[**АН-со-МА-со-ИмК**], окрашенных красителем метиленовым голубым в гель-состоянии, от содержания **ИмК** в реакционной смеси и температуры осадительной ванны (55 % водный раствор **ДМФ**)

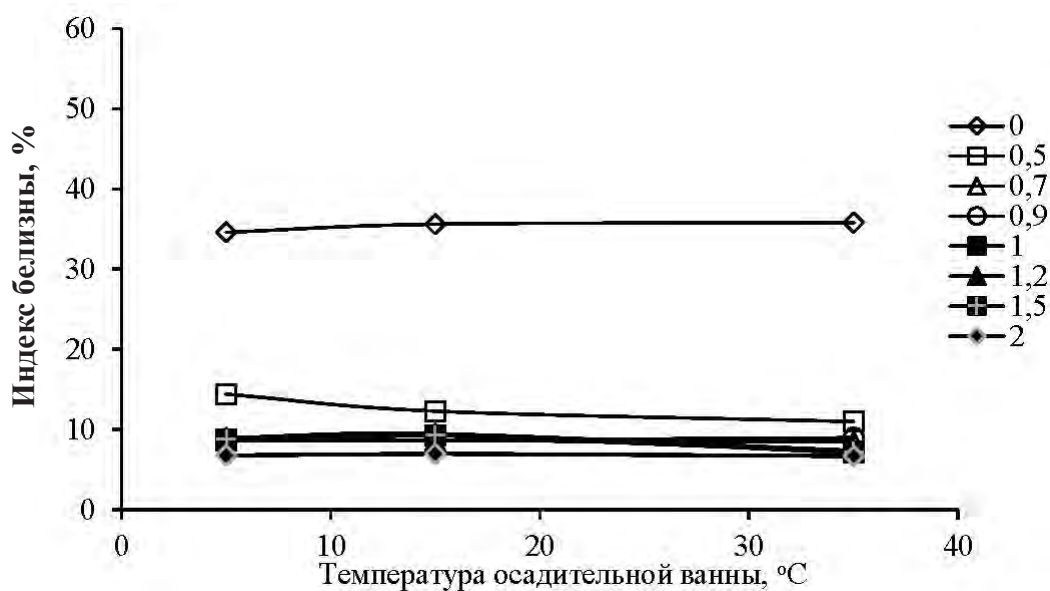


Рисунок 6 – Зависимость индекса белизны волокон на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК], сформованных в воду и окрашенных красителем метиленовым голубым в гель-состоянии, от содержания **ИтК** в реакционной смеси и температуры осадительной ванны

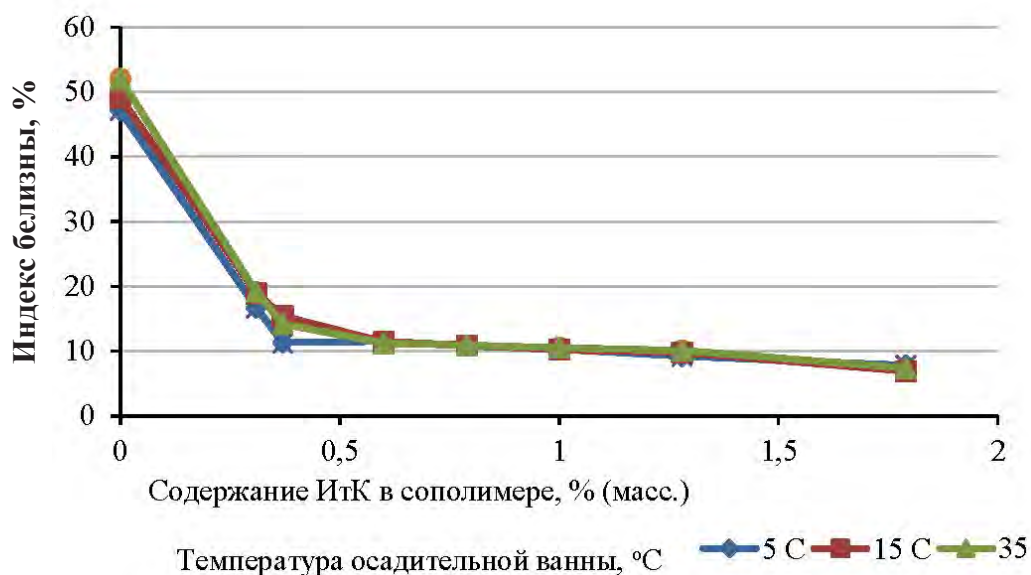


Рисунок 7 – Зависимость индекса белизны волокон на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК], окрашенных красителем метиленовым голубым в гель-состоянии, от содержания **ИтК** в сополимере (осадительная ванна – 55 % водный раствор ДМФ с температурой 5, 15, 35 °C)

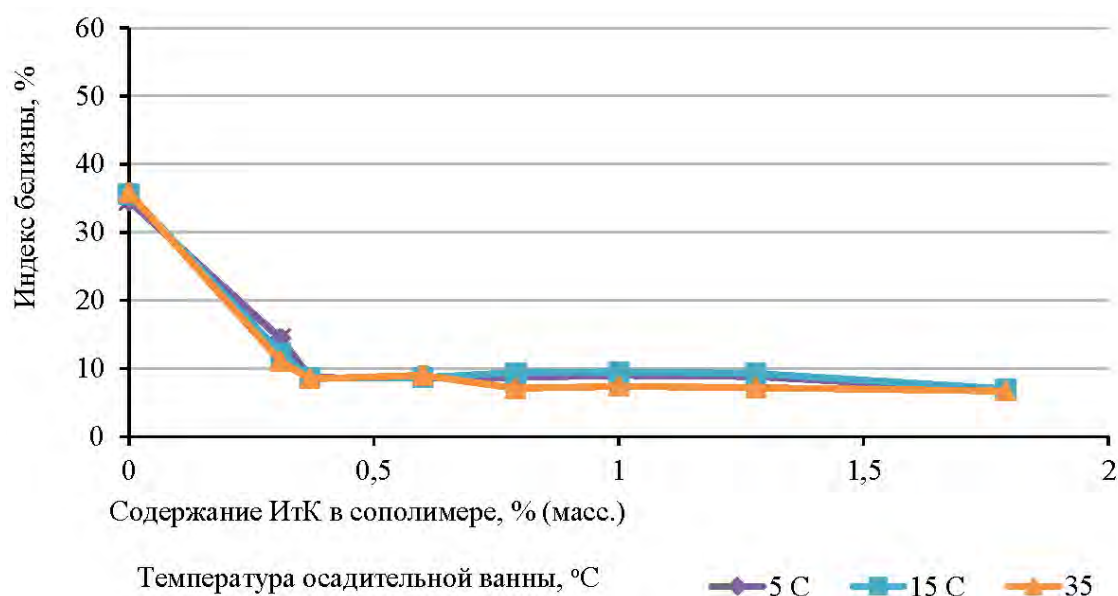


Рисунок 8 – Зависимость индекса белизны волокон на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК], окрашенных красителем метиленовым голубым в гель-состоянии, от содержания **ИтК** в сополимере (осадительная ванна – вода с температурой 5, 15, 35 °C)

В процессе проведения экспериментов было обращено внимание на то, что волокнистые материалы, получаемые на основе модельных сополимеров, в ряде случаев отличались жестким грифом. В связи с этим был проведен анализ окрашенных волокон на основе тактильных ощущений и каждому из образцов выставлена (возможно, необъективная) оценка в условных баллах от 1 (самый мягкий) до 10 (самый жесткий). На рисунках 9 и 10 приведены результаты сравнительного анализа жесткости окрашенных образцов.

Данные, представленные на рисунках 9 и 10, свидетельствуют, что при проведении нитеобразования в 55 % водный раствор ДМФ получают волокна с более мягким грифом, что обусловлено более «мягкими» условиями этого процесса. Если волокна на основе поли[АН-со-МА] и поли[АН-со-МА-со-ИтК], содержащие минимальное количество **ИтК**, в гель-состоянии были изначально жесткими, то волокна на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК (2)] приобретали жесткость после их крашения в гель-состоянии. По-видимому, причиной повышенной жесткости волокон на основе сопо-

лимеров, содержащих минимальное количество **ИтК**, является их низкая гидрофильность. Причиной повышения жесткости волокон, содержащих 1,5–2,0 % **ИтК**, в результате крашения является повышенная способность их структуры к релаксации в ходе сушки, следующей за крашением, при температуре 105 °C.

ВЫВОДЫ

С целью получения данных о влиянии композиционного состава сополимеров состава и температуры осадительной ванны на профиль волокон, получаемых из сополимеров акрилонитрила (АН), метилакрилата (МА) и итаконовой кислоты (**ИтК**) по диметилформамидному методу, синтезированы гомофазным методом образцы поли[АН-со-МА-со-ИтК], содержащие различное количество кислотного сомономеров (от 0 до 2 % от массы мономеров в реакционной смеси). При проведении исследований из прядильных растворов в диметилформамиде (ДМФ) с использованием водных осадительных ванн, содержащих 0 и 55 % ДМФ, с температурой 5, 15 и 35 °C сформованы образцы модельных волокон на основе образцов поли[АН-со-МА-со-ИтК].

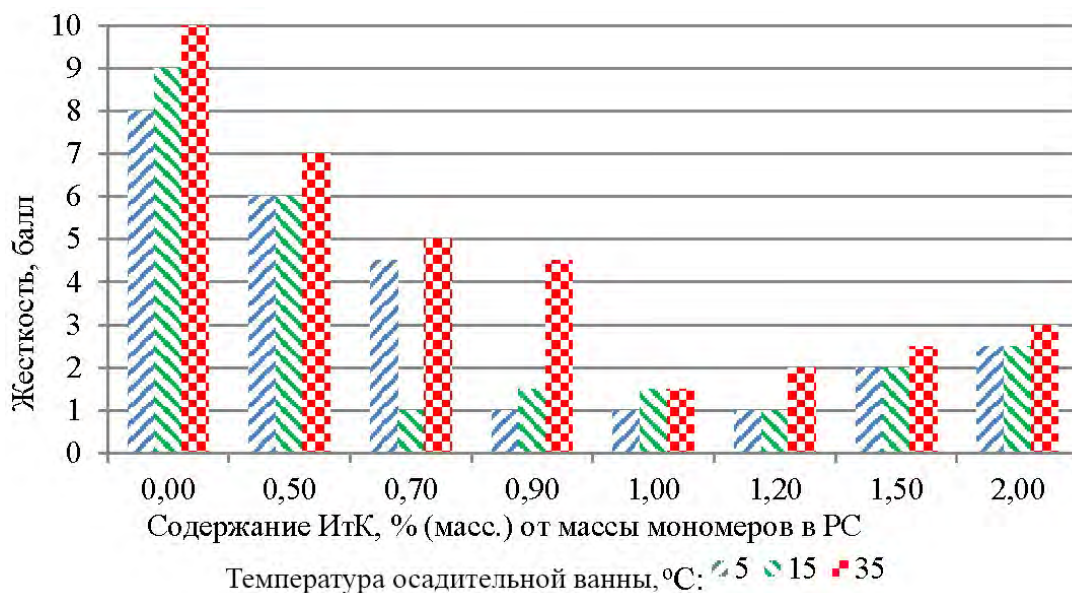


Рисунок 9 – Влияние на жесткость окрашенных волокон на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК] содержания **ИтК** в мономерной РС и температуры осадительной ванны (воды)

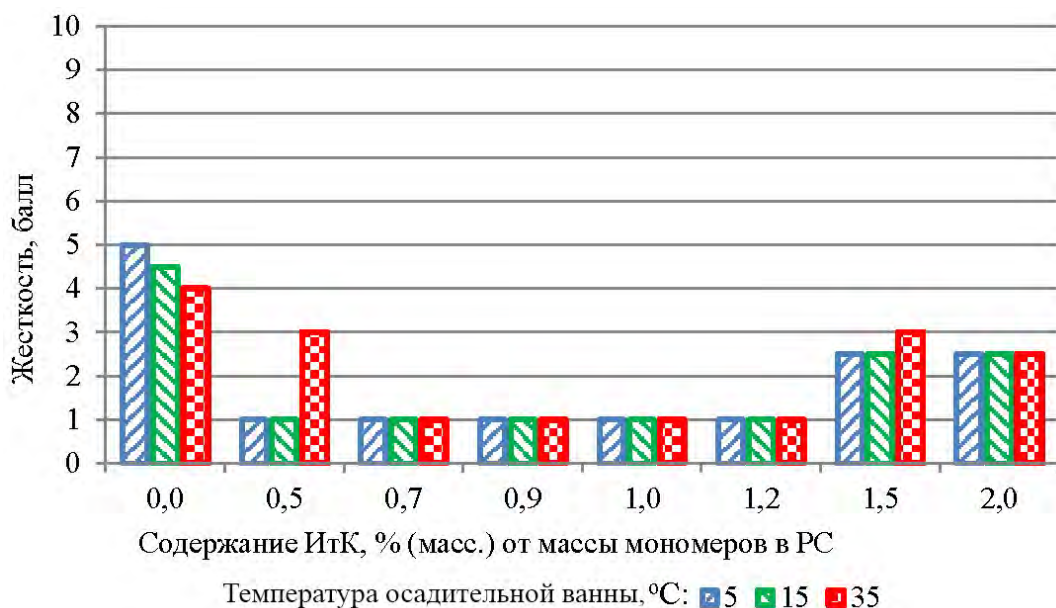


Рисунок 10 – Влияние на жесткость окрашенных волокон на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК] содержания **ИтК** в мономерной РС и температуры осадительной ванны (55 % водный раствор ДМФ)

Показано, что фактическое содержание ИтК в поли[АН-со-МА-со-ИтК] меньше, чем в мономерной реакционной смеси, что может быть объяснено меньшей относительной реак-

ционной способностью этого мономера в реакциях свободно-радикальной сополимеризации с АН и МА.

Исследование окрашиваемости полиакрилонитрильных волокон в гель-состоянии показало, что количество сорбированного красителя и индекс белизны практически прямо пропорциональны содержанию кислотного сомономеров в поли[**АН-со-МА-со-ИмК**] и достоверно не зависят от температуры осадительной ванны. Максимальное снижение индекса белизны наблюдается при повышении содержания **ИмК** от 0 до 0,7 %. При дальнейшем увеличении содержания **ИмК** в сополимере наблюдается незначительное снижение индекса белизны с 11–14 до 7,4–7,8 %.

В ходе выполнения работы получена новая научная информация, необходимая для прогнозирования структуры полиакрилонитрильных

волокнистых материалов, формируемых по диметилформамидному методу, в случае варьирования содержания **ИмК** в поли[**АН-со-МА-со-ИмК**] и условий нитеобразования (состава и температуры осадительной ванны). Анализ полученных результатов позволяет сделать предварительные выводы о том, что оптимальная дозировка **ИмК** при синтезе сополимеров **АН**, **МА** и **ИмК** с точки зрения достижения максимальной степени окрашивания и минимальной жесткости получаемых волокон должна находиться в диапазоне от 0,7 до 1,2 % (от массы мономеров в реакционной смеси).

Работа выполнена при содействии завода «Полимир» ОАО «Нафтан» (г. Новополоцк, Республика Беларусь).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Chen, J., Wang, C., Ge, H., Bai, Y., Wang, Y. (2007), Effect of coagulation temperature on the properties of poly(acrylonitrile- itaconic acid) fibers in wet spinning, *J Polym Res*, 2007, V. 14, pp. 223–228.
2. Tan, L., Chen, H., Pan, D., Pan, N. (2008), Investigating the Spinnability in the Dry-Jet Wet Spinning of PAN Precursor Fiber, *Journal of Applied Polymer Science*, 2008, Vol. 110, pp. 1997–2000.
3. Yi, K., Li, Q.-F., Zhang, L., Li, N., Zhou, Y., Ryu, S., Jin, R.G. (2013), Diffusion Coefficients of Dimethyl Sulphoxide (DMSO) and H₂O in PAN Wet Spinning and Its Influence on Morphology of Nascent Polyacrylonitrile (PAN) Fiber, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2013, V. 8, pp. 107–113.
4. Kulichikhin, V. G., Skvortsov, I. Yu., Mironova, M. I., Ozerin, A. N., Kurkin, T. S., Berkovich, A. K., Frenkin, E. I., Malkin, A. Ya. (2018), From Polyacrylonitrile, its Solutions, and Filaments to Carbon Fibers II. Spinning PAN-Precursors and their Thermal Treatment, *Advances in Polymer Technology*, Vol.

REFERENCES

1. Chen, J., Wang, C., Ge, H., Bai, Y., Wang, Y. (2007), Effect of coagulation temperature on the properties of poly(acrylonitrile- itaconic acid) fibers in wet spinning, *J Polym Res*, 2007, V. 14, pp. 223–228.
2. Tan, L., Chen, H., Pan, D., Pan, N. (2008), Investigating the Spinnability in the Dry-Jet Wet Spinning of PAN Precursor Fiber, *Journal of Applied Polymer Science*, 2008, Vol. 110, pp. 1997–2000.
3. Yi, K., Li, Q.-F., Zhang, L., Li, N., Zhou, Y., Ryu, S., Jin, R. G. (2013), Diffusion Coefficients of Dimethyl Sulphoxide (DMSO) and H₂O in PAN Wet Spinning and Its Influence on Morphology of Nascent Polyacrylonitrile (PAN) Fiber, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2013, V. 8, pp. 107–113.
4. Kulichikhin, V. G., Skvortsov, I. Yu., Mironova, M. I., Ozerin, A. N., Kurkin, T. S., Berkovich, A. K., Frenkin, E. I., Malkin, A. Ya. (2018), From Polyacrylonitrile, its Solutions, and Filaments to Carbon Fibers II. Spinning PAN-Precursors and their Thermal Treatment, *Advances in Polymer Technology*, Vol.

37, No. 4, 2018, pp. 1076–1084.

5. Morris, E. A., Weisenberger, M. C., Rice, G. W. (2015), Properties of PAN Fibers Solution Spun into a Chilled Coagulation Bath at High Solvent Compositions, *Fibers*, 2015, V. 3, № 4, pp. 560–574.

6. Щербина, Л. А. (2002), *Разработка и внедрение синтеза волокнообразующего терсополимера акрилонитрила в гидротропном растворе*, дис. .канд. тех. наук: 05.17.06, Минск, 2002, 161 с.

37, No. 4, 2018, pp. 1076–1084.

5. Morris, E. A., Weisenberger, M. C., Rice, G. W. (2015), Properties of PAN Fibers Solution Spun into a Chilled Coagulation Bath at High Solvent Compositions, *Fibers*, 2015, V. 3, № 4, pp. 560–574.

6. Shcherbina, L. A. (2002), *Development and implementation of the synthesis of fiber-forming acrylonitrile tersopolymer in hydrotropic solvent* [Razrabotka i vnedreniye sinteza voloknoobrazuyushchego tersopolimera akrilonitrila v gidrotropnom rastvoritele], dis. ...kand. tekhn. nauk: 05.17.06, Minsk, 2002, 161 p.

Статья поступила в редакцию 12. 10. 2020 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА НА СТРУКТУРУ ЭЛЕКТРОФОРМОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

INFLUENCE OF PROPERTIES OF POLYVINYL ALCOHOL SOLUTIONS ON THE STRUCTURE OF ELECTROSPUN MATERIALS

УДК 677.494.744

**Д.Б. Рыклин*, Н.Н. Ясинская, М.А. Демидова,
В.М. Азарченко, Н.В. Скобова**

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13913>

**D. Ryklin*, N. Yasinskaya, M. Demidova,
V. Azarchenko, N. Skobova**

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЕ, ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ, ГЛИЦЕРИН, ВЯЗКОСТЬ, ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ, ДИАМЕТР НАНОВОЛОКОН

Целью работы явилось изучение влияния содержания ПВС марки Arkofil PPL (Archroma, Швейцария) в формовочном растворе и его физико-химических свойств на структуру нановолокнистого материала медицинского, косметологического назначения. В результате экспериментального исследования установлено, что с увеличением содержания ПВС от 10 до 14 % вязкость формовочного раствора возрастает в 5 раз и значительно превышает рекомендуемые значения. Поверхностное натяжение и удельная объемная электропроводность практически не зависят от концентрации поливинилового спирта и соответствуют рекомендуемым значениям. Опытнo-экспериментальная наработка образцов нановолокнистых покрытий и анализ электронных снимков их структуры доказали, что материал, сформированный из раствора содержащего 14 % ПВС, не содержит видимых дефектов и имеет равномерное распределение нановолокон по диаметру, что свидетельствует о целесообразности его использования в качестве волокнообразующего состава для получения материалов методом электроформования.

ABSTRACT

ELECTROSPINNING, POLYVINYLALCOHOL, GLYCERIN, VISCOSITY, SURFACE TENSION, ELECTRICAL CONDUCTIVITY, NANOFIBER DIAMETER

The aim of the paper was to research the influence of the content of polyvinyl alcohol Arkofil PPL (Archroma, Switzerland) in the electrospinning solution on the structure of nanofibrous material for medical and cosmetic purposes. As a result of an experimental study it was found that with an increase in the PVA content from 10 to 14 % the viscosity of the spinning solution increases 5 times and significantly exceeds the recommended values. Surface tension and specific volumetric electrical conductivity are almost independent on the concentration of polyvinyl alcohol and correspond to the recommended values. Experimental production of samples of nanofiber coatings and analysis of electronic images of their structure have proved that the material formed from a solution containing 14 % PVA does not contain visible defects and has a uniform distribution of nanofibers over the diameter. This indicates the advisability of using it as a fiber-forming composition for obtaining materials by the method of electrospinning.

В настоящее время учеными проводится огромное количество работ по созданию материалов, покрытий и структур из микро- и на-

новолокон и частиц для различных областей применения, в том числе для нужд медицины, косметологии [1, 2].

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

Подобный интерес со стороны мирового ученого сообщества нановолокна завоевали благодаря своим исключительным характеристикам, таким как высокое отношение площади поверхности к объему, разнообразие функций поверхности и превосходные механические свойства – всё это позволило решить ряд специфических задач, невозможных без использования нановолокнистых материалов и сделало их незаменимыми.

Существуют различные способы формирования полимерных нановолокон [2]. Наибольшее распространение для получения длинных полимерных нановолокон получило электроформование. Структура электроформованного материала определяет его ключевые характеристики, такие как время и характер биodeградации, функциональные возможности поверхности, механические свойства [3, 4]. В связи с этим перед исследователями стоит задача получения материала с такой структурой, которая будет отвечать заданным требованиям в зависимости от функционального назначения. Например, электроформованный материал должен быть нетоксичным, электропроводящим, биодергадирующим в заданное время либо неподверженным биodeградации, бездефектным или с контролируемым дефектом и др. [5]. Свойства электроформованного материала зависят от его структуры и характеристик волокон, а те, в свою очередь, – от параметров процесса и физико-химических свойств волокнообразующего раствора.

Одним из наиболее распространенных полимеров, используемых для получения материалов медицинского назначения методом электроформования, является поливиниловый спирт (ПВС), что обусловлено его относительно низкой стоимостью и уникальными свойствами. Известно, что создание концентрированных растворов полимеров с лекарственными веществами различной природы приводит к получению эффективных лечебных средств для внутреннего (таблетки, капсулы, растворы) и наружного (мази, растворы, аэрозоли, пленки) применения [6]. При этом в ряде случаев физиологическая активность полимеров проявляется в активизации процессов всасывания и проникновения лекарственных средств через слизистые оболочки, кожу и др. [7]. Благодаря нетоксичности поливи-

ниловый спирт может применяться в медицине в качестве клеев, пластырей, стерильных салфеток, хирургических нитей, фармацевтических препаратов, для изготовления плазмозаменяющих растворов [8]. Поэтому в данной работе в качестве волокнообразующего полимера при проведении исследований было принято решение использовать именно растворы поливинилового спирта.

Проведенные ранее исследования показали, что на протекание процесса электроформования существенное влияние оказывает не только концентрация ПВС в формовочном растворе, но и его марка. Так, в работе [7] представлены результаты исследований по оптимизации процесса электроформования из растворов, содержащих 15 % ПВС марки Selvol 205 компании Sekisui Specialty Chemicals Europe S.L. (США), с использованием прядильных головок нескольких конструкций. Исследования показали, что оптимальные режимы процесса не позволяют вырабатывать материал при расходе раствора более 600 *мкл/ч*, что существенно ограничивает производительность оборудования, используемого при электроформовании.

В связи с этим было принято решение выбора ПВС другой марки, обеспечивающего повышение расхода формовочного раствора при стабильной работе установки. Предварительно установлено, что одним из возможных вариантов является ПВС марки Arkofil PPL компании Archroma (Швейцария), использование растворов которого обеспечивают стабильный процесс электроформования при расходе до 1500 *мкл/ч*.

Целью данной работы является определение влияния содержания ПВС марки Arkofil PPL в формовочном растворе и его физико-химических свойств на структуру нановолокнистого материала.

Исследования проводились на установке для электроформования Fluidnatek LE-50, внешний вид которой представлен на рисунке 1. Как и на других установках, на которых осуществляется электрокапиллярное формование волокнистых материалов, электрическое напряжение прикладывается к раствору полимера, который при помощи дозатора подается на прядильную головку [7]. Высокое напряжение индуцирует в растворе

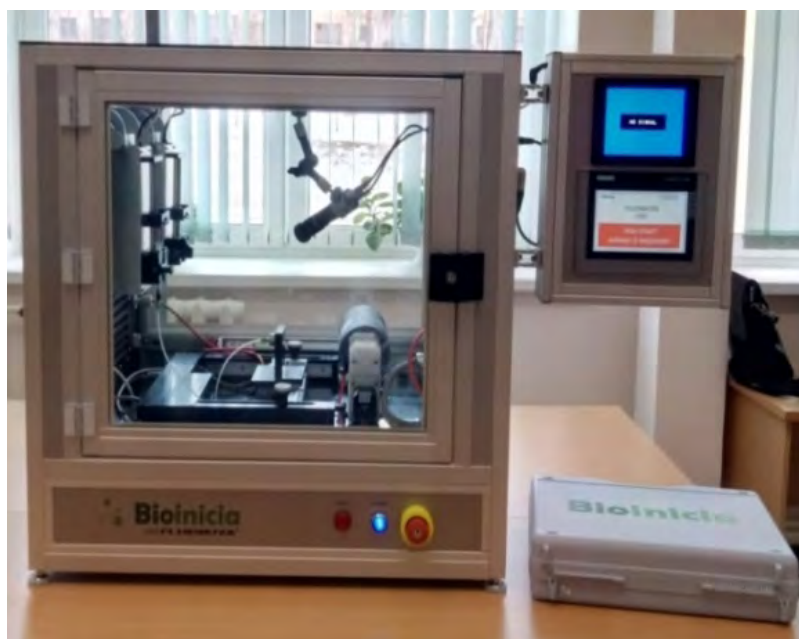


Рисунок 1 – Внешний вид установки Fluidnatek LE-50

полимера одноименные электрические заряды, которые, в результате кулоновского электростатического взаимодействия, приводят к вытягиванию раствора полимера в тонкую струю. В процессе электростатического вытягивания полимерной струи она может претерпевать ряд последовательных расщеплений на более тонкие струи при определенном соотношении значений вязкости, поверхностного натяжения и плотности электрических зарядов (или напряженности электростатического поля) в волокне. Полученные струи отвердевают за счет испарения растворителя, превращаясь в волокна, и под действием электростатических сил дрейфуют к заземленной подложке, закрепленной на осадительном электроде.

В качестве подложки использовалась бумага с нанесенным на принтере слоем черной краски. Выбор данного материала связан с тем, что он имеет слабую адгезию к нановолокнистым материалам из поливинилового спирта, как было определено ранее, на черном фоне хорошо видны дефекты покрытия и его фрагменты, оставшиеся после снятия покрытия.

Известно, что в процессе электростатического вытягивания полимерной струи она может пре-

терпевать ряд последовательных расщеплений на более тонкие струи при определенном соотношении значений вязкости, поверхностного натяжения и плотности электрических зарядов в волокне [2]. В связи с этим на первом этапе исследований осуществлена оценка влияния состава раствора на указанные его свойства, определяющие эффективность процесса электроформования и структуру получаемых материалов.

Известно, что наибольшее влияние на стабильность процесса электроформования и наличие дефектов в получаемом материале оказывают такие свойства, как динамическая вязкость, коэффициент поверхностного натяжения и удельная объемная электропроводность [2]. В исследованиях определение вязкости полимерных связующих проводилось в соответствии с ГОСТ 18249–72. Для определения поверхностного натяжения использован стагмометрический метод, который основан на определении веса капли, отрывающейся под действием силы тяжести от плоской поверхности торцевого среза капилляра [9]. Измерение электропроводности прядильных растворов выполнено кондуктометром HANNA HI 8733.

В литературе отмечается, что на первой стадии процесса вязкость выступает, как нежелательный фактор, увеличивающий потери энергии на преодоление внутреннего трения в жидкой струе. Однако для последующих стадий вязкость рассматривается как положительный фактор для достижения желаемого результата. Так, вязкость прядильного раствора гасит капиллярные волны, разрушающие жидкую струю, и повышает ее устойчивость. Через молекулярную массу и структуру полимера вязкость связана с его реологическими и прочностными свойствами раствора и способностью противостоять деформационным нагрузкам и кавитации. Для электроформования обычно используют растворы полимеров с молекулярной массой последних порядка нескольких десятков или сотен тысяч, весовой концентрацией до 20 % и соответствующей динамической вязкостью от 0,05 до 1 $\text{Па} \cdot \text{с}$ [2]. Однако для некоторых низкомолекулярных полимеров возможны и более высокие весовые концентрации, а для высокомолекулярных – более низкие вязкости. В ряде публикаций указывается, что вязкость применяемых растворов может достигать 3 $\text{Па} \cdot \text{с}$ [7].

На основании данных, представленных в таблице 1, можно отметить, что повышение концентрации ПВС с 10 до 14 % приводит к росту динамической вязкости прядильного раствора более чем в 5 раз, причем с увеличением концентрации ПВС интенсивность повышения вязкости возрастает. В связи с этим при подготовке прядильных растворов необходимо максимально точно дозировать компоненты и соблюдать технологические режимы. Так как растворы с содержанием более 12 % ПВС имеют вязкость, превышающую рекомендуемый предел (1 $\text{Па} \cdot \text{с}$), исследования процесса получения из них электроформованных материалов представляют зна-

чительный интерес.

Как указывалось выше, второй важной характеристикой прядильных растворов является коэффициент поверхностного натяжения, с уменьшением которого повышается устойчивость жидкой струи. Рекомендуемой считается величина коэффициента поверхностного натяжения менее 0,05 Н/м [2]. Поверхностное натяжение всех исследованных растворов (таблица 1) незначительно выше указанного значения. Однако в случае использования выбранного полимера снизить его можно только уменьшая его концентрацию, что нецелесообразно с технологической точки зрения. В связи с этим в ходе проведения исследований необходимо установить, насколько значимым является превышение значений данного показателя приводимой в литературе рекомендации.

Необходимо обратить внимание на то, что все исследуемые варианты растворов соответствуют установленным требованиям по удельной объемной электропроводности проводимости (от 0,1 до 10 мСм/см).

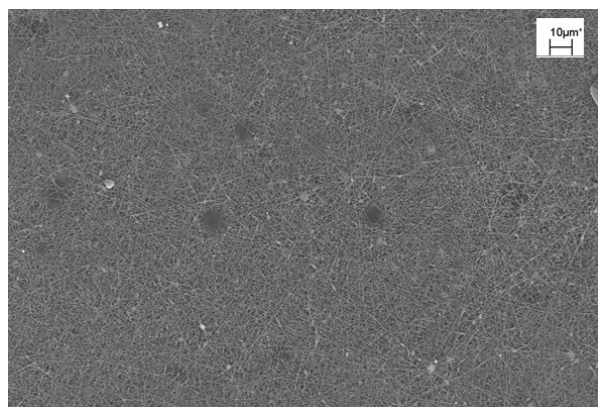
Из трех исследованных растворов были разработаны образцы материалов при выбранных рациональных режимах работы установки Fluidnatek LE-50 [10].

Для визуализации структуры волокнистого материала, полученного электроформованием, и определения диаметра волокон был использован метод сканирующей электронной микроскопии с помощью микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия). Электронные снимки поверхности волокнистого материала при увеличении в 1000 раз приведены на рисунке 2. Анализ полученных снимков показывает:

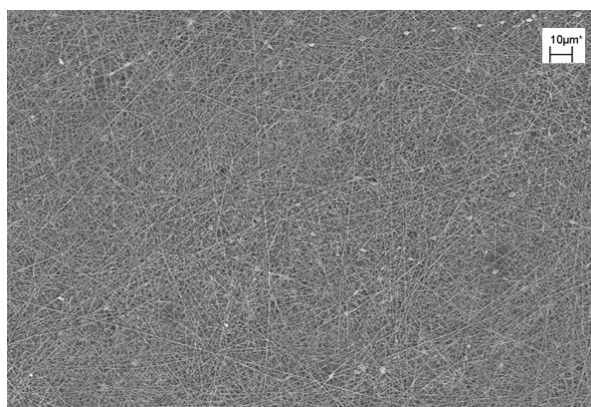
– образец, выработанный из раствора с содержанием 10 % ПВС, содержит значительное количество затемненных участков, на кото-

Таблица 1 – Свойства прядильных растворов

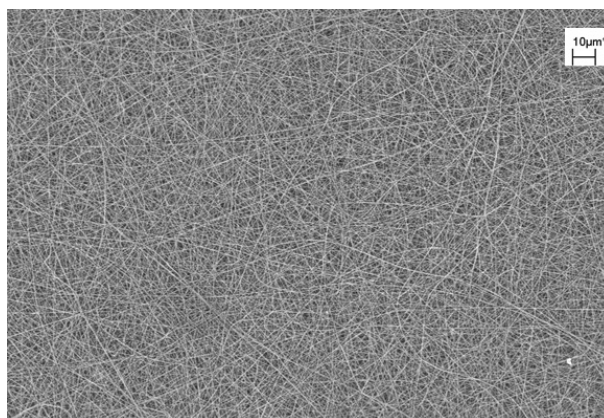
Содержание ПВС в растворе, %	Плотность, кг/м^3	Динамическая вязкость, $\text{Па} \cdot \text{с}$	Поверхностное натяжение, Н/м	Удельная объемная электропроводность, мСм/м
10	1026	0,478	0,06475	0,418
12	1029	1,148	0,07152	0,457
14	1035	2,603	0,06954	0,497



а) образец 1



б) образец 2



в) образец 3

Рисунок 2 – Изображения электроформованных материалов разного состава, полученные при увеличении в 1000 раз

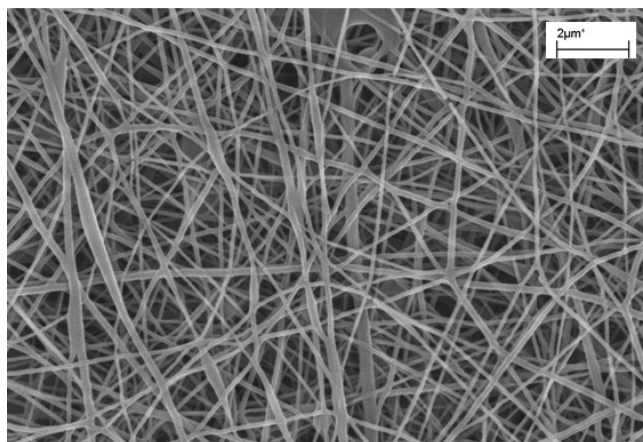
рых не полностью высохший формовочный раствор пропитывал подложку. Наличие подобных участков препятствует снятию материала с подложки без повреждения, что недопустимо;

– увеличение процентного содержания ПВС с 10 до 12 % позволило в значительной степени снизить количество подобных участков. Однако в данном образце присутствует большое количество дефектов в виде застывших капель полимера. Данный вид дефекта в литературе называют «бисером». Часть из них представляет собой веретенообразные утолщения на волокнах. В литературе отмечается, что данный дефект носит пороговый характер и возникает при снижении концентрации волокнообразующих полимеров до критического уровня, который тем ниже, чем больше молекулярная масса и гибкость цепей их макромолекул [2];

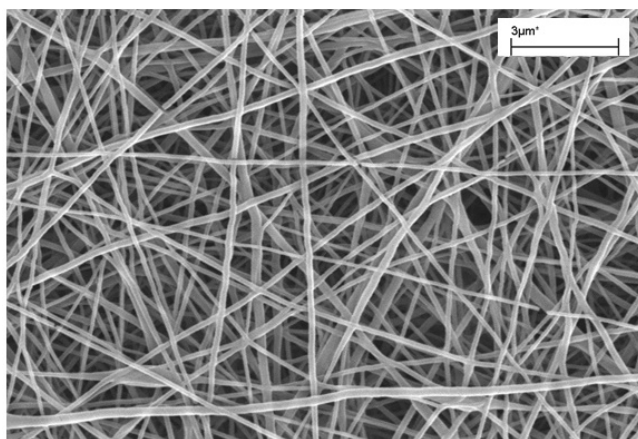
– волокнистое покрытие, сформованное из раствора, содержащего 14 % ПВС, практически не содержит явно видимых дефектов, что свидетельствует о целесообразности его использования в качестве волокнообразующего состава для получения материалов методом электроформования.

Определение диаметра электроформованных волокон и их неравномерности по толщине осуществлялось с использованием изображений, полученных при увеличении в 15000 раз, представленных на рисунке 3. В таблице 2 представлены результаты расчетов характеристик толщины волокон, полученных по 50 измерениям.

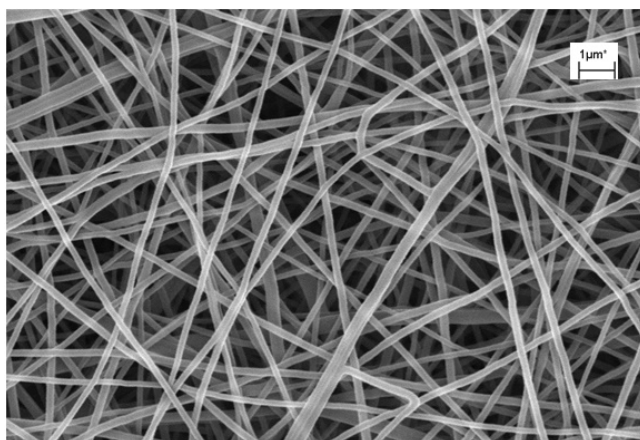
Анализируя полученные данные, можно отметить, что с увеличением процентного содержания ПВС в формовочном растворе толщина волокон увеличивается, а неравномерность по



а) образец 1



б) образец 2



в) образец 3

Рисунок 3 – Изображения электроформованных материалов разного состава, полученные при увеличении в 15000 раз

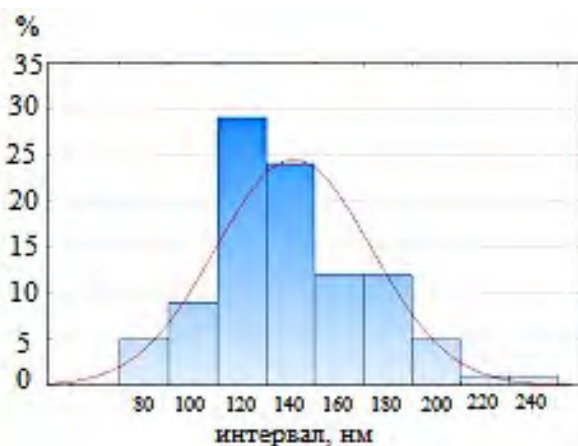
диаметру снижается. Увеличение толщины объясняется повышением динамической вязкости растворов. В то же время замечено, что диаметр электроформованных волокон увеличивается

в существенно меньшей степени, чем вязкость растворов, из которых они получены.

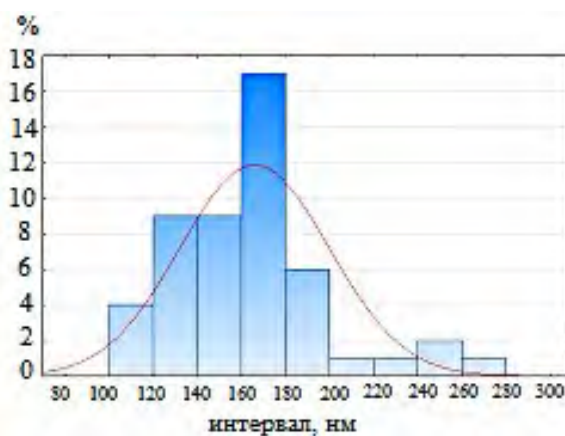
Анализируя гистограммы, представленные на рисунке 4, можно отметить, что распределения

Таблица 2 – Влияние состава раствора на характеристики электроформованных волокон

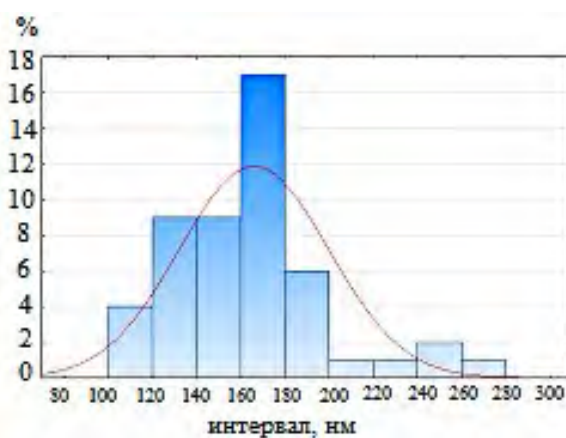
Содержание ПВС в формовочном растворе, %	Средний диаметр волокна, нм	Коэффициент вариации по диаметру волокна, %
10	150,8	21,2
12	165,4	20,4
14	197,0	18,1



а) образец 1



б) образец 2



в) образец 3

Рисунок 4 – Диаграммы распределения волокон по диаметру

волокон по диаметру близки к нормальному для всех исследованных растворов, что подтверждает влиянием большого числа случайных факторов на процесс формирования наноструктур.

С учетом того, что средний диаметр волокон в полученных образцах составляет 150–200 нм, возникает вопрос, можно ли отнести данные ма-

териалы к наноструктурированным объектам. Согласно ГОСТ ISO/TS 80004-1–2014 «Нанотехнологии. Часть 1. Термины и определения» нанодиапазоном считается диапазон линейных размеров приблизительно от 1 до 100 нм. Однако к данному определению имеется примечание, которое гласит, что «верхнюю границу этого

диапазона принято считать приблизительной, так как в основном уникальные свойства нано-объектов за ней не проявляются». В литературе также отмечается, что нановолокнами можно считать волокна с диаметром <500 нм, имея в виду именно практическое применение любых научных разработок [2]. Следовательно, нано-объектами в некоторых случаях можно считать объекты, размеры которых выходят за установленные пределы нанодиапазона, если материалы из них обладают наноразмерными эффектами или свойствами.

Материалы, получаемые из ПВС методом электроформования, существенно отличаются по свойствам от материалов аналогичного состава, размеры которых находятся в пределах микро- и макродиапазонов. Основным наноразмерным эффектом, достигаемым за счет уменьшения толщины волокон, является существенное повышение растворимости электроформованных материалов по сравнению с исходным гранулятом. В техническом описании утверждается, что гранулят Arkofil PPL только умеренно растворим в воде при комнатной температуре. Продукт медленно растворяется в теплой воде с образованием слегка желтоватого, непрозрачного, мутного раствора. Анализ гранулята показал, что размер гранул варьируется от 0,5 до 1,6 мм и в среднем составляет 1 мм. В то же время экспериментально установлено, что материалы, полученные методом электроформования из данного гранулята, растворяются в воде при комнатной температуре практически мгновенно, что и обеспечивает эффективность их использо-

вания в различных областях, например, в косметологии. Таким образом, получаемые материалы могут быть охарактеризованы как наноструктурированные или нановолокнистые.

ВЫВОДЫ

В результате экспериментального исследования влияния концентрации поливинилового спирта марки Arkofil PPL в формовочном растворе и его физико-химических свойств на структуру получаемого нановолокнистого материала установлено:

- с увеличением содержания ПВС от 10 до 14 % вязкость формовочного раствора возрастает в 5 раз и значительно превышает рекомендуемые значения. Поверхностное натяжение и удельная объемная электропроводность практически не зависят от концентрации поливинилового спирта и соответствуют рекомендуемым значениям;

- опытно-экспериментальная наработка образцов нановолокнистых покрытий и анализа электронных снимков их структуры доказала, что материал, сформированный из раствора, содержащего 14 % ПВС, не содержит видимых дефектов и имеет равномерное распределение нановолокон по диаметру, что свидетельствует о целесообразности его использования в качестве волокнообразующего состава для получения материалов методом электроформования.

Работа выполнена в рамках задания ГПНИ 2016-2020 «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии», подпрограмма «Полимерные материалы и технологии».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Development of an electrospun nanofibrous web with hyaluronic acid Milašius R., Ragaišiene A., Rukuižiene Ž., Mikučionienė D., Ryklin D., Yasinskaya N., Yeutushenka A. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 2017, T. 25, № 5, C. 8–12.
2. Матвеев, А. Т., Афанасов, И. М. (2010), *Получение нановолокон методом электроформования*,

REFERENCES

1. Development of an electrospun nanofibrous web with hyaluronic acid Milašius R., Ragaišiene A., Rukuižiene Ž., Mikučionienė D., Ryklin D., Yasinskaya N., Yeutushenka A. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 2017, T. 25, № 5, pp. 8–12.
2. Matveev, A. T., Afanasov, I. M. (2010), *Poluchenie nanovolokon metodom jeleketroformovaniya* [Obta-

Москва, 83 с.

3. Zhu, L.; Liu, X.; Du, L.; Jin, Y.: Preparation of asiaticoside-loaded coaxially electrospinning nanofibers and their effect on deep partial-thickness burn injury, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 83 (2016), pp. 33–40.
4. Wei, Z.; Zhao, W.; Wang, Y.; Wang, X.; Long, S.; Yang, J.: Novel PNIPAm-based electrospun nanofibres used directly as a drug carrier for “on-off” switchable drug release, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 182, (2019), art. 110347.
5. Ateia, M.; Alalm, M.G.; Awfa, Johnson, M.S.; Yoshimura, C.: Modeling the degradation and disinfection of water pollutants by photocatalysts and composites: A critical review, *Science of The Total Environment*, 698 (2020), art. 134197.
6. *Физиологически активные полимеры* (2020), режим доступа: <https://mplast.by/encyklopedia/fiziologicheski-aktivnyie-polimeryi/>, (дата доступа 20.09.2020).
7. Рыклин, Д. Б., Ясинская, Н. Н., Евтушенко, А. В., Джумагулыев, Д. Д. (2016), Исследование раствора полиамида-6 для получения нановолокнистых покрытий методом электроформования, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, №1 (30), 2016, С. 90–98.
8. Попова, И. Н., Файнберг, Е. Д., Лившиц, Ю. Т. (1977), *Экономика производства и применения полимеризационных пластмасс*, Ленинград, 200 с.
9. Савицкая, Т. А., Шиманович, М. П. (2003), *Практикум по коллоидной химии. В 2 ч. Часть 1. Поверхностные явления*, Минск: БГУ, 100 с.
10. Рыклин, Д. Б., Азарченко, В. М., Демидова, М. А. (2019), Определение рациональных режимов электроформования с использованием прядильных головок различной конструкции, *Preparing nanofibers by electrospinning*, Moscow, 83 p.
3. Zhu, L.; Liu, X.; Du, L.; Jin, Y.: Preparation of asiaticoside-loaded coaxially electrospinning nanofibers and their effect on deep partial-thickness burn injury, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 83 (2016), pp. 33–40.
4. Wei, Z.; Zhao, W.; Wang, Y.; Wang, X.; Long, S.; Yang, J.: Novel PNIPAm-based electrospun nanofibres used directly as a drug carrier for “on-off” switchable drug release, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 182, (2019), art. 110347.
5. Ateia, M.; Alalm, M.G.; Awfa, Johnson, M.S.; Yoshimura, C.: Modeling the degradation and disinfection of water pollutants by photocatalysts and composites: A critical review, *Science of The Total Environment*, 698 (2020), art. 134197.
6. *Physiologically active polymers* (2020), available at: <https://mplast.by/encyklopedia/fiziologicheski-aktivnyie-polimeryi/>, (accessed 20.09.2020).
7. Ryklin, D. B., Yasinskaya, N. N., Evtushenko, A. V., Dzhumagulyev, D. D. Study of a solution of polyamide-6 for obtaining nanofibrous coatings by electrospinning [Issledovanie rastvora poliamida-6 dlja poluchenija nanovoloknistyh pokrytij metodom jelektroformovanija], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, №1 (30), 2016, pp. 90–98.
8. Popova, I. N., Fainberg, E. D., Livshits, Yu. T. (1977), *Ekonomika proizvodstva i primenenija polimerizacionnyh plastmass* [Economics of production and use of polymerized plastics], Leningrad, 200 p.
9. Savitskaya, T. A., Shimanovich, M. P. (2003), *Praktikum po kolloidnoj himii. V 2 ch. Chast 1. Poverhnostnye yavleniya* [Workshop on Colloidal Chemistry. Part 1. Surface phenomena], Minsk: BGU, 100 s.

Химические волокна, 2019, № 4, с. 13.

10. Ryklin, D. B., Azarchenko, V. M., Demidova, M. A. (2019), *Opređenje racional'nyh rezhimov jelektroformovanija s ispol'zovaniem prjadil'nyh golovok razlichnoj konstrukcii* [Determination of rational modes of electrospinning using spinning heads of various designs], *Himicheskie volokna – Chemical Fibers*, 2019, No. 4, p. 13.

Статья поступила в редакцию 15. 10. 2020 г.

ОЦЕНКА ФИЛЬТРУЮЩИХ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НИТЕЙ

ESTIMATION OF FILTERING PROPERTIES OF KNITTED MATERIALS FROM FUNCTIONAL THREAD

УДК 677.017

Н.В. Скобова*, А.И. Сосновская, В.Н. Потоцкий
Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13914>

N. Skobova*, A. Sosnovskaya, V. Potoski
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ВЫСОКОУСАДОЧНАЯ НИТЬ, ТРИКОТАЖНЫЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ, ТЕРМООБРАБОТКА, СВЧ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

В настоящее время широкое применение получили текстильные фильтры различной структуры, основная задача которых состоит в обеспечении минимальных пылегазовых выбросов с тем, чтобы не превышать предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздушной среде. Для минимизации выбросов в атмосферу различных загрязнителей разрабатывались структуры трикотажных фильтровальных материалов с использованием функциональных нитей. Проведены исследования фильтрующих свойств текстильных материалов, таких как пылеемкость, пылепроницаемость, для выявления оптимального переплетения, сырьевого состава и способа термообработки полотен, обеспечивающих высокую эффективность очистки газозводушных смесей от мелкодисперсной пыли.

ABSTRACT

COMPLEX HIGH SHRINKING THREAD, KNITTED FILTER MATERIAL, HEAT TREATMENT, MICROWAVE, FUNCTIONAL PROPERTIES

At present, textile filters of various structures are widely used, the main task of which is to ensure minimum dust and gas emissions in order not to exceed the maximum permissible concentration of harmful substances in the air. Structures of knitted filter materials using functional threads have been developed to minimize the emission of various pollutants into the atmosphere. Research has been carried out on the filtering properties of textile materials, such as dust holding capacity, and dust permeability, in order to identify the optimal weaving, raw material composition and method of heat treatment of fabrics that provide high efficiency of cleaning gas-air mixtures from fine dust.

ВВЕДЕНИЕ

Во многих отраслях промышленности продолжает увеличиваться количество промышленных выбросов. Это влечет за собой не только ухудшение экологической обстановки, но и ставит под угрозу существование самого человека. В связи с этим большое внимание уделяется развитию методов промышленной и санитарной очистке различных дисперсных систем. Поэтому требования экологической безопас-

ности обуславливают применение новых, высокоэффективных средств очистки воздуха для сохранения чистоты атмосферы, особенно в густонаселённых регионах [1]. Эффективные пылеулавливающие системы являются надежным средством защиты производственных помещений, способствуют сохранению здоровья трудящихся, повышению производительности труда, позволяют обеспечить пожаробезопасность, увеличить срок службы технологического оборуду-

* E-mail: skobova-nv@mail.ru (N. Skobova)

дования. В большинстве случаев улавливаемая пыль является ценным сырьем. В настоящее время широкое применение получили текстильные фильтры различной структуры, основная функция которых состоит в обеспечении минимальных пылегазовых выбросов с тем, чтобы не превышать предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздушной среде.

Из литературных источников [2, 3] установлено, что в соответствии с задачами фильтрации фильтрующий материал из химических волокон должен удовлетворять следующим требованиям:

- иметь структуру, обеспечивающую высокую проницаемость для фильтруемых воздуха и газов, высокую степень (тонкость) очистки и минимальное гидравлическое сопротивление;
- в зависимости от физических и химических свойств фильтруемой среды и технологических условий процесса фильтрования материал должен быть механически прочным, обладать, соответственно, химической, тепловой, антикоррозийной и биологической стойкостью;
- иметь такую поверхность, которая обеспечивает легкость и полноту снятия осадка с поверхности трикотажа, а также его быструю очистку и промывку;
- быть максимально равномерным, без пороков, достаточно износоустойчивым;
- выдерживать нагрузки при фильтровании и регенерации.

Трудно подобрать фильтрующий материал, удовлетворяющий всем перечисленным требованиям. В конкретных условиях фильтрации приобретает значение удовлетворение одного или двух из числа перечисленных требований, которые и становятся определяющими при выборе наиболее подходящего фильтрующего материала.

Наибольший интерес представляет применение для изготовления фильтровальных материалов химических нитей со специальными свойствами, для получения готового продукта, удовлетворяющего большинству перечисленных свойств.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

На кафедрах «Технология текстильных материалов» и «Экология и химические технологии» ведется работа по созданию трикотажных

фильтрующих структур для фильтрации воздуха от мелкодисперсных пылевых частиц. Для производства фильтров в качестве исходного сырья использовались полиэфирные нити с функциональными свойствами производства ОАО «СветлогорскХимволокно»: текстурированная нить линейной плотности 9,2 **текс**; комплексная высокоусадочная нить линейной плотности 16,8 **текс**, текстурированная микрофиламентная пневмосоединенная нить линейной плотности 16,7 **текс** f288 [4]. Для проявления функциональных свойств высокоусадочного компонента, входящего в состав каждого опытного образца, полотна подвергались термообработке в среде горячей воды при температуре 70 °C и 100 °C и в условиях электромагнитных волн сверхвысокой частоты при мощности 300 **Вт** и 800 **Вт** [5, 6].

Сырьевой состав и виды переплетений образцов трикотажных полотен представлены в таблице 1.

Цель проводимой работы – изучив фильтрующие свойства трикотажных полотен, выбрать оптимальный сырьевой состав, переплетение и способ термообработки полотна для обеспечения высокой эффективности очистки сред от загрязнителей.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На сегодняшний день существует ряд стандартов по установлению нормативов некоторых физико-механических свойств фильтров: разрывная нагрузка, воздухопроницаемость, изменение линейных размеров, термостойкость, удельное электрическое сопротивление, гигроскопичность (ГОСТ 30236-95), проницаемость фильтра, его эффективность очистки (ГОСТ Р 51251-99). Однако нет стандарта по установлению методов испытаний и применяемого лабораторного оборудования по определению фильтрующих свойств трикотажных фильтров: показателей пылеемкости и пылепроницаемости. Поэтому для оценки этих свойств был разработан экспериментальный стенд, имитирующий процесс очистки газовоздушных смесей (рисунок 1).

Исследуемые образцы фильтровального полотна вставлялись в корпус удерживающего приспособления (рисунок 2). От вентилятора 1 шла подача воздуха на газовый счетчик ГКФл

Таблица 1 – Характеристика опытных образцов

Номер образца	Переплетение	Сырьевой состав
Образец № 1	ластик 1+1	комплексная высокоусадочная полиэфирная нить 16,8 текс x 6 с длиной нити в петле 6,2 мм
Образец № 2		комплексная высокоусадочная полиэфирная нить 16,8 текс x 6 с длиной нити в петле 6,5 мм
Образец № 3	производное комбинированное переплетение	грунт – ПЭ 9,2 текс x2 с длиной нити в петле 3,54 мм; уток – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить линейной плотности 16,8 текс с длиной нити в петле 2 мм
Образец № 4		грунт – ПЭ 9,2 текс x2 с длиной нити в петле 3,72 мм; уток – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить с длиной нити в петле 2 мм
Образец № 5		грунт – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить с длиной нити в петле 1,7 мм; уток – ПЭ 9,2 текс x2 с длиной нити в петле 2,7 мм
Образец № 6		грунт – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить с длиной нити в петле 1,52 мм; уток – ПЭ 9,2 текс x2 с длиной нити в петле 2,8 мм
Образец № 7	переплетение двуластик	комплексная высокоусадочная полиэфирная нить линейной плотности 16,8 текс
Образец № 8	производное комбинированное переплетение	грунт – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить, уток – текстурированная микрофиламентная пневмосоединенная полиэфирная нить с длиной нити в петле 2,8 мм

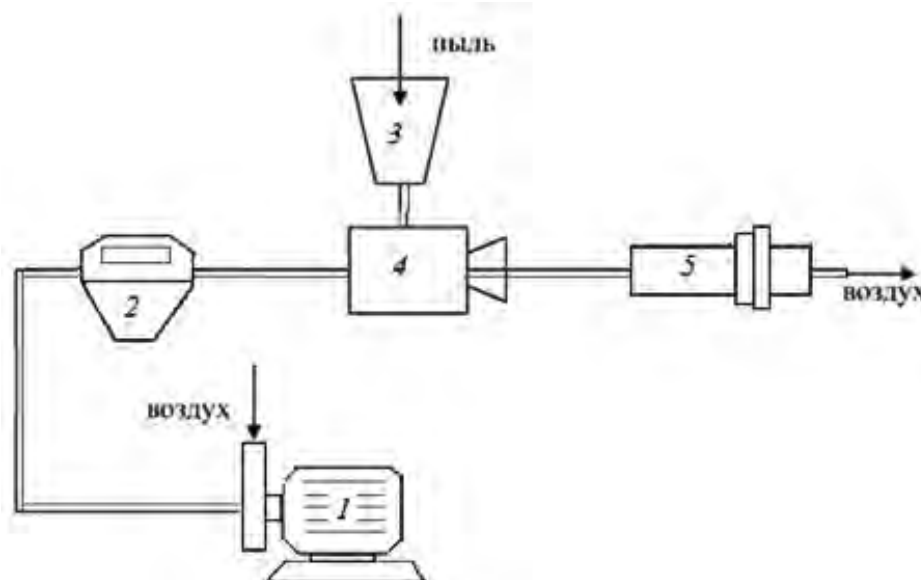


Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда исследования текстильных материалов

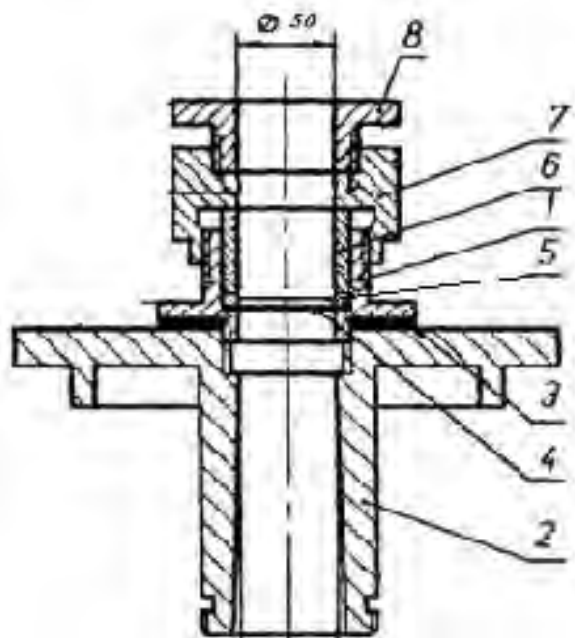


Рисунок 2 – Удерживающее приспособление в разрезе: 1, 2 – корпус; 3, 5 – прокладки; 4 – фильтр; 6 – втулка; 7 – гайка; 8 – винт

2, который использовался для замера расхода воздуха. Из пыленагнетателя 3 пыль попадала в эжектор 4, равномерно смешивалась с воздушным потоком и улавливалась фильтрующим материалом, расположенном в корпусе удерживающего приспособления 5.

Испытания разработанных образцов, характеризующих фильтрующие свойства материалов, проводили весовым методом при одинаковых метеорологических условиях с использованием удерживающего приспособления [7].

В ходе исследований проведен расчет следующих показателей [8].

Пылеемкость фильтра – масса пыли, уловленной фильтром и накопившейся в нем при достижении значения конечного аэродинамического сопротивления:

$$P_e = \frac{g_1 - (g_2 - g_4)}{g_1}, \quad (1)$$

где g_1 – количество пыли, взятой для эксперимента, в г; g_2 – количество пыли, оставшейся на испытуемом материале, в г; g_4 – количество

пыли, прошедшее через материал, в г.

Пылепроницаемость – масса пыли, прошедшей через единицу площади образца за единицу время:

$$P_{пр} = \frac{g_1 - (g_3 - g_4)}{g_1}, \quad (2)$$

где g_3 – количество пыли, оставшейся после эксперимента, в г.

Эффективность очистки, или коэффициент очистки пыли, равен отношению массы задержанных фильтром частиц к массе всех поступивших на фильтр частиц в %:

$$\eta = \frac{g_1 - g_3}{g_1} \cdot 100. \quad (3)$$

Относительная пылеемкость (P_o , %) показывает, сколько грамм пыли осело внутри фильтра от начальной массы подаваемой пыли

$$P_0 = \frac{g_5}{g_1} \cdot 100, \quad (4)$$

где g_5 – количество пыли осевшей внутри фильтра, г.

Для испытаний использовали пыль мукомольных предприятий. Испытано по пять повторностей каждого варианта трикотажного материала. РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведены испытания разработанных фильтров на экспериментальном стенде и выполнен расчет их фильтрующих свойств. Сравни-

тельный анализ усредненных данных представлен на рисунках 3–6.

Из рисунка 3 видно, что наилучшим эффектом очистки (99 %) обладает образец № 8 независимо от способа его термообработки, он характеризуется наличием в структуре микрофиламентной нити. Также следует отметить, что для всех образцов тепловой способ обработки материала в среде СВЧ-волн позволяет повысить эффективность очистки.

Коэффициент пылеемкости показывает, что образцы № 3, № 6, № 8 имеют высокий коэффициент пылеемкости. При термообработке в

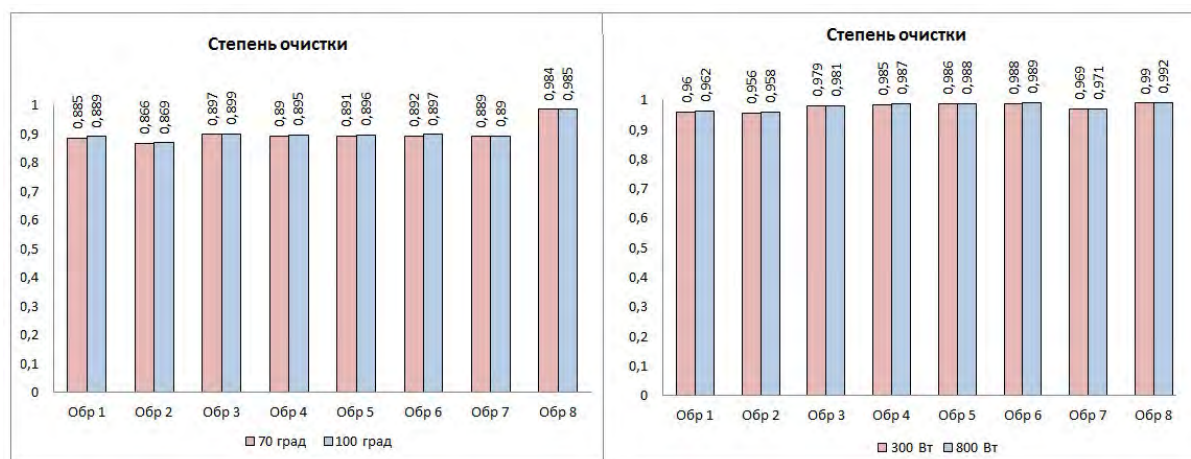


Рисунок 3 – Эффективность очистки трикотажного фильтровального материала

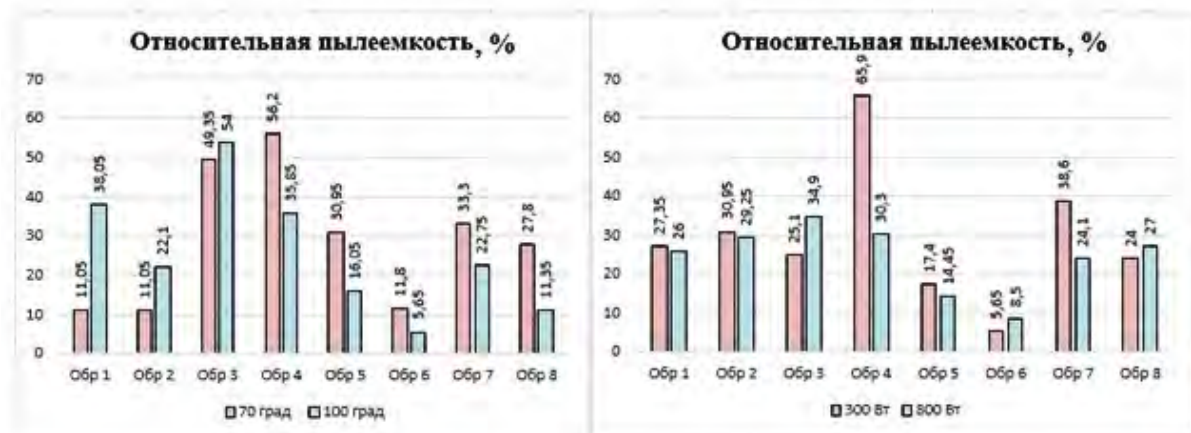


Рисунок 4 – Относительная пылеемкость трикотажного фильтровального материала

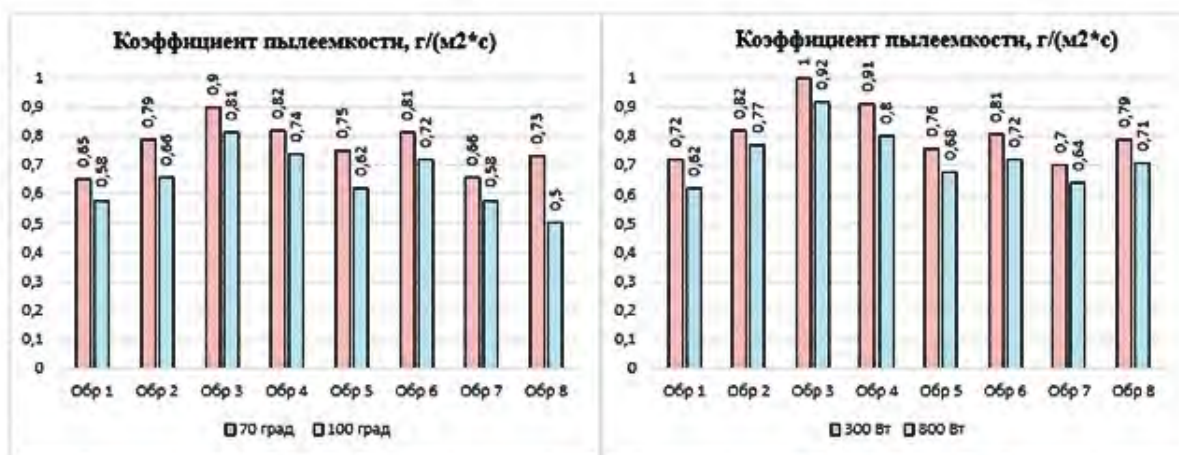


Рисунок 5 – Кoeffициент пылеемкости трикотажного фильтровального материала

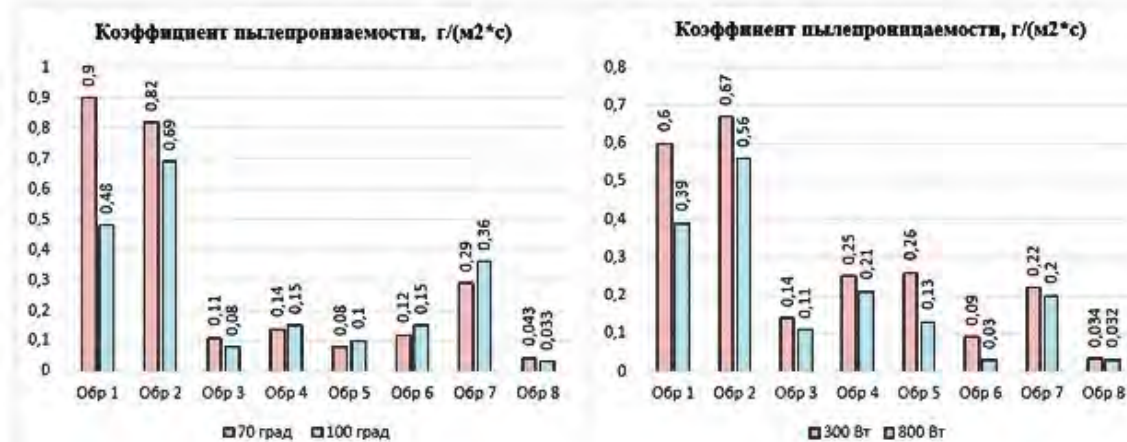


Рисунок 6 – Кoeffициент пылепроницаемости трикотажного фильтровального материала

среде горячей воды коэффициент варьирует от 0,5 до 0,9 $г/(м²·с)$, в условиях электромагнитных волн сверхвысокой частоты – от 0,7 до 1 $г/(м²·с)$. Хуже зарекомендовал себя образец № 7. Кoeffициент пылеемкости связан с пропускной способностью материала, оптимальным вариантом является образец с высокой пропускной способностью и пылеемкостью – образцы № 6 и № 8.

Кoeffициент пылепроницаемости показал, что наилучшими образцами являются образцы № 3 и № 6, так как их значения варьируются при усадке в среде горячей воды от 0,08 до 0,11. А при усадке в условиях электромагнитных волн

сверхвысокой частоты это образцы № 6 и № 8, так как их значения варьируются от 0,03 до 0,09 (при мощности 800 Вт).

В образце № 8 после нескольких циклов «запыление-регенерация» сопротивление полотна оставалось неизменным, в результате чего сечение пор практически не изменялось.

Термообработка в среде электромагнитных сверхвысокочастотных волн позволило сделать структуру полотна более плотной, каркасной за счет интенсивного прогрева материала по всей глубине. Образцы № 6 и № 8 проявили способность улавливать более мелкие частицы пыли, что подтверждается проведенными исследова-

ниями оценки размеров уловленных фильтрующим материалом частиц (рисунок 7). Уловлено до 80 % частиц размером не более 70 $\mu\text{м}$, причем $\frac{1}{2}$ часть из них составляют частицы размером до 30 $\mu\text{м}$.

Для обеспечения пожаро-, взрывозащиты к фильтровальным материалам предъявляются требования антистатичности, добиться этого на опытных образцах полотен можно либо антистатической обработкой путем пропитки, либо введением в структуру трикотажа антистатической нити.

Таким образом, предпочтительным вариантом термообработки фильтровальных материалов с использованием высокоусадочной нити является среда электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона, однако явного преимущества в выборе мощности излучения нет, поэтому экономически целесообразнее рекомендовать 300 *Вт*. В качестве трикотажного переплетения целесообразно использовать комбинированные переплетения, сырьевой состав: грунт – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить линейной плотности 16,8 *текс*,

в утке – текстурированная микрофиламентная пневмосоединенная полиэфирная нить линейной плотности 16,7 *текс* f288 или обычная ПЭ нить аналогичной линейной плотности с длиной нити в петле 2,8 *мм*. По совокупности проанализированных свойств, в проведенных исследованиях предпочтение следует отдать образцу № 8, обладающему высоким эффектом очистки, низким коэффициентом пылепроницаемости и высокой улавливающей способностью мелкодисперсных фракций. Анализ выбранной структуры трикотажных полотен целесообразно использовать в качестве рукавных всасывающих фильтров, устанавливаемых до вентиляторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования фильтрующих свойств разработанных трикотажных фильтровальных материалов установлена целесообразность применения функциональных высокоусадочных нитей в структуре полотен для создания плотной каркасной структуры материала. Для достижения необходимых показателей пылеемкости и пылепроницаемости рекомендуется применять комбинированные переплетения с использова-

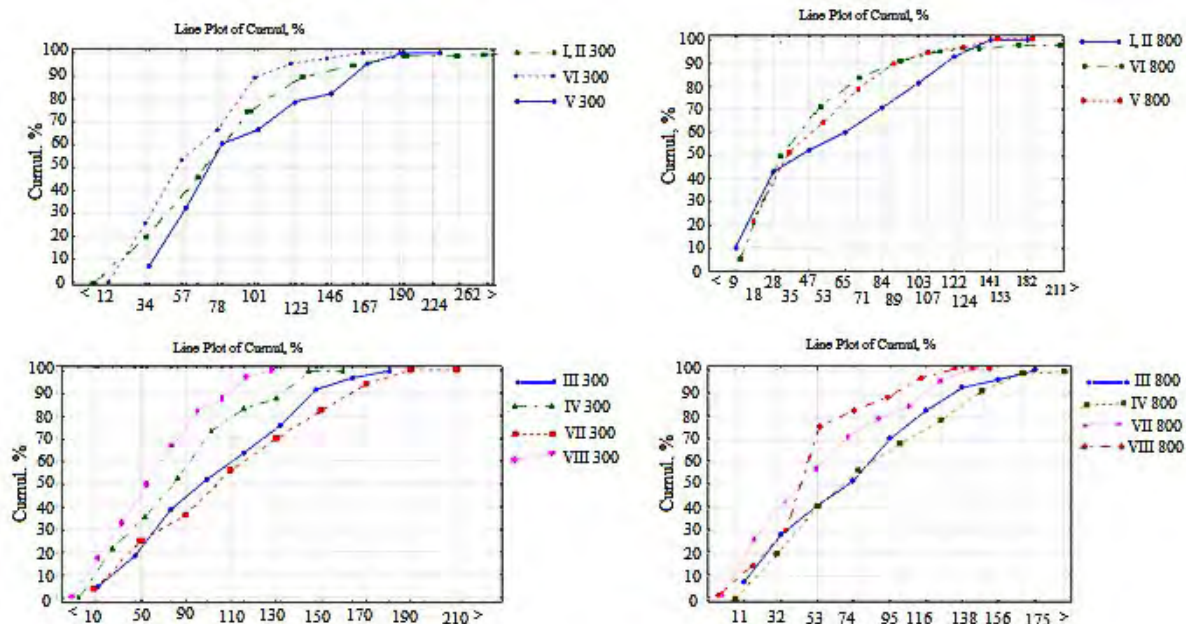


Рисунок 7 – Частотный анализ размера частиц на фильтрах после их термообработки в условиях электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона

нием в грунте комплексной высокоусадочной полиэфирной нити, в утке – текстурированной микрофиламентной пневмосоединенной полиэфирной нити или обычной ПЭ нити с длиной нити в петле 2,8 мм и проводить термообработку разработанных полотен в среде электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона. Разработанные трикотажные структуры обладают необходимой способностью к регенерации, высокой степенью очистки и сроком службы, так как их можно изготавливать на трикотажном оборудовании безшовным способом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кольцов, В. Б. (2018), *Очистные сооружения*. Ч. 1, Москва, 277 с.
2. Пирумов, А. И. (1981), *Обеспыливание воздуха*, Москва, 296 с.
3. Анализ использования текстильных фильтров, применяемых при очистке воздуха от пыли (2014), *Транспортный бизнес в России*, № 4, режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ispolzovaniya-tekstilnyh-filtrov-primenyaemyh-pri-ochistke-vozduha-ot-pyli>, дата доступа: 04.09.2020.
4. Скобова, Н. В. Сосновская, А. И. (2019), Исследование одноцикловых неразрывных характеристик комбинированной высокоусадочной нити, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 1 (36), 2019, С. 111–116.
5. Скобова, Н. В., Кукушкин, М. Л., Сосновская, А. И. (2019), Исследование свойств трикотажных полотен после термообработки, *Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности»*, Витебск, 2019, С. 84–86.
6. Сосновская, А. И., Скобова, Н. В. (2020), Иссле-

REFERENCES

1. Koltsov, V. B. (2018), *Ochistnye sooruzhenija* [Treatment facilities], V. 1, Moscow, 277 p.
2. Pirumov, A. I. (1981), *Obespylivanie vozduha* [Air dedusting], Moscow, 296 p.
3. Analysis of the use of textile filters used to clean the air from dust (2014) [Analiz ispol'zovaniya tekstil'nyh fil'trov, primenjaemyh pri ochistke vozduha ot pyli], *Transport business in Russia*, No. 4, 2014, available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ispolzovaniya-tekstilnyh-filtrov-primenyaemyh-pri-ochistke-vozduha-ot-pyli> (accessed 04.09.2020).
4. Skobova, N. V., Sosnovskaya, A. I. (2019), Investigation of single-cycle continuous characteristics of a combined high-shrinkage yarn [Issledovanie odnocyklovyh nerazryvnyh harakteristik kombinirovannoj vysokousadochnoj niti], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, № 1 (36), 2019, pp. 111–116.
5. Skobova, N. V., Kukushkin, M. L., Sosnovskaya, A. I. (2019), Study of the properties of knitted fabrics after heat treatment [Issledovanie svojstv trikotazhnyh poloten posle termoobrabotki], *Materials of the International Scientific and Technical Conference "Innovative Technologies*

- дование структуры трикотажных фильтрационных материалов после термообработки, *Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А. Г. Севостьянова*, Москва, 2020, Ч. 2, С. 55–59.
7. ГОСТ 30201-94. *Материалы текстильные для фильтрации промышленных аэрозолей. Метод определения массовой концентрации пыли за фильтром*. Введен 01.01.96, Минск, Издательство стандартов, 1996, 12 с.
 8. Черногузова, И. Г. (2005), Трикотажные фильтрующие перегородки основовязаного способа производства, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2005, С. 77–79.
 6. Sosnovskaya, A. I., Skobova, N. V. (2020), Research of the structure of knitted filtering materials after heat treatment [Issledovanie struktury trikotazhnyh fil'tracionnyh materialov posle termoobrabotki], *Collection of scientific papers of the International scientific conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Professor A. G. Sevostyanov*, Moscow, 2020, Part 2, pp. 55–59.
 7. GOST 30201-94. *Textile materials for filtration of industrial aerosols. Method for determining the mass concentration of dust behind the filter*, Vved. 01.01.96, Minsk, Publishing house of standards, 1996, 12 p.
 8. Chernoguzova, I. G. (2005), Knitted filter partitions for the warp-knitted production method [Trikotazhnye fil'trujushhie peregorodki osnovovjazanogo sposoba proizvodstva], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2005, P. 77–79.

Статья поступила в редакцию 09. 10. 2020 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ: ПОНЯТИЕ, ВИДЫ, ОЦЕНКА

EFFICIENCY OF THE INDUSTRIAL ORGANIZATION: CONCEPT, TYPES, ASSESSMENT

УДК 658.114:657.6

Е.С. Грузневич*, О.М. Андриянова

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13915>

K. Gruznevitch*, O. Andryianova

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВИДЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ, КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ, КЛАССИФИКАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Объектом исследования в данной работе является классификация эффективности деятельности коммерческой организации.

Предмет исследования: эффективность деятельности коммерческой организации.

Целью исследования являлось изучение классификации эффективности деятельности организации, классификационных признаков и видов, а также разработка собственной классификации эффективности, выделение базового классификационного признака, на основе которого определены ее виды, показатели и интегральный показатель эффективности.

Разработана методика интегральной оценки эффективности деятельности организации и определены критерии его интерпретации.

Результаты исследования могут быть использованы в практической деятельности коммерческих организаций нашей страны. Использование разработанного подхода дает возможность проведения ее экспресс-оценки и разработку рекомендаций на ее основе по повышению эффективности.

ABSTRACT

EFFICIENCY, TYPES OF EFFICIENCY, CLASSIFICATION SIGNS, CLASSIFICATION OF EFFICIENCY, INTEGRAL INDICATOR OF EFFICIENCY

The paper considers the essence of the category "efficiency" and signs of its classification. The study revealed the following: there is still no consensus on the classification of effectiveness; authors highlight various classification features to determine the same types of efficiency; there are types of efficiency that are mentioned by only one author; the same signs can give a classification of different types of efficiency. The basic classification criterion is highlighted, on the basis of which the types of efficiency and indicators of their assessment are determined.

A comprehensive methodological approach to the calculation of the integral efficiency indicator is proposed. The proposed approach was tested on the example of a separate organization in the Republic of Belarus.

Гарантией успешного функционирования субъекта хозяйствования в рыночной среде является постоянное повышение эффективности его деятельности. В связи с этим достижение

необходимого уровня эффективности становится одной из важнейших задач управления организацией.

* E-mail: Gruzs@mail.ru (K. Gruznevitch)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Как известно, реальный сектор экономики представлен видами экономической деятельности материального производства. В результате его функционирования производится новый продукт и образуется новая добавленная стоимость. Именно организации промышленного сектора являются основой устойчивого развития, поэтому от эффективности их функционирования зависит экономический рост страны в целом.

В экономической литературе, как в теории,

так и в прикладных исследованиях, вопросам содержания категории «эффективность» уделяется достаточное внимание. Это объясняется сложностью и многогранностью данного понятия, использованием его в различных сферах человеческой деятельности, а также известной противоречивостью форм проявления, в связи с чем возникает различное толкование исследуемой категории. Одни авторы определяют ее как свойство, другие как результативность, третьи как отношение (соотношение) (таблица 1).

Таблица 1 – Группировка точек зрения на сущность категории «эффективность»

Автор	Определение эффективности
<i>Базовое понятие – свойство</i>	
С.И. Ожегов	свойство давать эффект, быть действенным
Д.Н. Ушаков	свойство, дающее эффект, приводящее к результатам
<i>Базовое понятие – результат, результативность</i>	
Л.П. Крысин	результат каких-нибудь действий, деятельности, следствие каких-нибудь причин и т.д.
А.И. Ильин	результативность производственно-хозяйственной деятельности, соотношение между достигнутыми результатами и затратами живого и овеществленного труда
Л.И. Лопатников	результативность и степень достижения планируемой цели
<i>Базовое понятие – отношение</i>	
Г. Эмерсон	максимально выгодное соотношение между совокупными затратами и экономическими результатами
Е.Е. Румянцева, А.Г. Грязнова, Л.И. Абалкин	соотношение результата (эффекта) к затратам
И.А. Бланк	соотношение полученного эффекта и произведенных затрат
О.В. Белимова	соотношение между результатами торгово-хозяйственной деятельности самостоятельного субъекта и использованными для получения этих результатов материальными, трудовыми и финансовыми ресурсами, потребность в которых должна четко представлять каждая организация
В.В. Ковалев	относительный показатель, соизмеряющий полученный эффект с затратами или ресурсами, использованными для достижения эффекта
<i>Другие базовые категории</i>	
Н.П. Иващенко	отдача в форме доходов различных ресурсов организации, находящихся в ее распоряжении
И.М. Осадчая	достижение каких-либо определенных результатов с минимально возможными издержками или получение максимально возможного объема продукции из данного количества ресурсов

Источник: составлено авторами.

Несмотря на большое количество определений изучаемой категории, все они отражают единую суть: получение максимума возможных благ от имеющихся ресурсов. При этом авторы согласны с тем, что наиболее точно «эффективность» как экономическую категорию описывает базовое понятие «соотношение». Тогда, обобщив различные точки зрения, можно отметить, что эффективность деятельности организации – это максимально выгодное соотношение между результатами ее деятельности и использованными для получения этих результатов ресурсами.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Сущность категории «эффективность» проявляется в ее видовой классификации, которая, в свою очередь, позволяет определить критерии оценки для каждого вида эффективности (таблица 2).

Проведенное исследование (таблица 2) позволило установить следующее:

- до сих пор не сложилось единого мнения о классификации эффективности;

- авторы предлагают различные классификационные признаки для выделения одних и тех же видов эффективности (например, такие виды эффективности как стратегическая и тактическая авторы классифицируют: по степени значимости и в зависимости от уровня глубины и детализации разработки целей и задач);

- существуют такие виды эффективности, которые упоминаются только одним автором (например, статичная и динамичная, приростная, оперативная и др.);

- одни и те же признаки могут давать разную классификацию видов эффективности (например, по содержанию, одни авторы выделяют такие виды эффективности, как экономическая, технологическая, производственная, научно-техническая, экологическая, социальная. Другие авторы выделяют экономическую, техническую, социальную, научную, организационную, экологическую эффективность по этому же признаку).

РАЗРАБОТКА АВТОРСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Правомерность различных классификационных признаков и видов эффективности можно обсуждать и оспаривать с учетом множества особенностей функционирования организации в современных условиях.

Несмотря на такое большое количество видов эффективности, большинство авторов выделяют экономическую, технологическую, производственную, научно-техническую, экологическую, социальную и т. д. эффективность. Вместе с тем выделение одних и тех же видов эффективности происходит у рассматриваемых авторов исходя из различных признаков. Г. В. Мешкова и А. Р. Ахатов таким признаком считают «содержание», О. С. Илюшина, Ю. К. Стуколова – «объект», А. И. Федяинов – «вид эффекта». Для выделения базового признака рассмотрим, что понимается под каждым из перечисленных терминов. Так, «содержание – это то, из чего складывается, состоит что-либо», то есть выделение базового признака «содержание» предполагает выделение видов эффективности исходя из их сущности. В свою очередь, «объект – это то, на что направлена практическая или познавательная деятельность субъекта». По сути, объектом может выступать не сущность видов эффективности, а отдельные сферы управления организацией, например, управление производством, управление отдельными видами деятельности, управление качественными характеристиками организации. Выделение рассмотренных ранее видов эффективности по признаку «по виду эффектов» является дискуссионным, так как эффект представляет собой абсолютную категорию, под которой понимается «результат действия кого-либо, чего-либо или следствие каких либо причин». Эффектом, например, могут выступать объем производства, выручка, прибыль. Соответственно, из рассмотренных признаков эффективности, на взгляд авторов, к базовому можно отнести только «содержание», так как непосредственно данный признак учитывает определенность категории «эффективность», характеризующую ее сущность и проявляющуюся в свойствах и признаках.

Далее необходимо разобраться, какие виды эффективности следует выделять по признаку «содержание». Для этого обратимся к мнению указанных ранее авторов. Г. В. Мешкова отмечает, что, например, эффективность может быть экономической, то есть улучшаются результирующие показатели производственно-хозяйственной деятельности. Также автор выделяет научно-техническую эффективность, суть ко-

Таблица 2 – Классификация эффективности с точки зрения различных авторов

Классификационный признак / Автор	Г. В. Мешкова (1)	О. С. Илюшина, Ю. К. Стуколова (2)	А. Р. Ахатова (3)	А. И. Федяинов (4)	Н. Н. Яркина (5)
(1, 3) По содержанию (2) По объекту (4) По видам эффектов	Экономическая Технологическая Производственная Научно-техническая Экологическая Социальная	Экономическая Социальная Экологическая	Экономическая Техническая Социальная Научная Организационная Экологическая	Экономическая Социальная Техническая Экологическая	–
(1) По отношению к среде (3) По характеру интересов	Внешняя Внутренняя	–	Внешняя Внутренняя	–	–
(1) По степени значимости (5) В зависимости от уровня глубины и детализации разработки целей и задач	Стратегическая Тактическая	–	–	–	Стратегическая Тактическая Оперативная
(1) По общественным характеристикам	Эффективность организационной структуры Эффективности механизма управления	–	–	–	Эффективность управления факторами производства Эффективность управления отдельными направлениями (видами) деятельности предприятия Эффективность управления качественными характеристиками бизнеса
(1, 5) По отношению к объекту и субъекту управления (2) По предмету	Эффективность производства Эффективность управления	Эффективность производства Эффективность функционирования предприятия Эффективность инвестирования проекта Эффективность инвестиций Эффективность реструктуризации Эффективность использования какой-либо категории активов	–	–	Эффективность управленческой деятельности Эффективность управления производственно-хозяйственной деятельностью
(2) По субъекту (3) По масштабам (4) По уровням (5) В зависимости от уровня проявления	–	Коммерческая Общественная Бюджетная	Общезфирменная Внутрифирменная Групповая Индивидуальная	Эффективность национальной экономики Эффективность региона Эффективность индивида	Комплексная Локальная Системная
(4) По способу расчета (5) В зависимости от технологии расчета оценочных показателей	–	–	–	Приростная Абсолютная	Абсолютная Сравнительная
(5) В зависимости от фактора времени	–	–	–	–	Статичная Динамичная

Источник: составлено авторами на основании [1–5].

торой в использовании в организации современных технологий и методов производства. О. С. Илюшина и Ю. К. Стуколова предлагают подразделять эффективность на экономическую, социальную и экологическую. А. Р. Ахатова разделяет эффективность на экономическую, техническую, социальную, научную, организационную, экологическую, а А. И. Федяинов выделяет экономическую, социальную, техническую. На наш взгляд, такие виды эффективности, как технологическая, производственная и научно-техническая, также как и экономическая, своей целью ставят улучшение результирующих показателей производственно-хозяйственной деятельности. При этом понятие экономической эффективности является более емким и включает в себя другие перечисленные виды эффективности. Таким образом, вместо различных видов эффективности, схожих по свойствам друг с другом, следует выделять только экономическую эффективность, дополнив ее также социальной и экологической, и объединить их признаком «содержание».

Большой интерес представляет деление эффективности на внутреннюю и внешнюю. Данные ее виды выделяют только Г. В. Мешкова и А. Р. Ахатова. Организация является открытой системой и ей постоянно необходимо взаимодействовать с другими контрагентами, что делает необходимым ее оценку по данным видам. Г. В. Мешкова для выделения данных видов эффективности использует признак «отношение к среде функционирования организации». А. Р. Ахатова предлагает использовать признак «характер интересов». Авторы разделяют точку зрения Г. В. Мешковой, так как, если углубиться в сущность понятия, то характер интересов отражает интересы не самой организации, а ее субъектов, то есть заинтересованных групп или стейкхолдеров (собственники, работники, инвесторы, банки и др.).

Как известно, в управлении любой организацией существуют три уровня: стратегический, тактический и оперативный. Стратегический уровень ставит своей задачей принятие решений в целом по организации, они носят долгосрочный характер и решаются на высшем уровне управления. Тактический уровень предполагает решать управленческие задачи краткосрочного характера. Тактический уровень – это решение

каждодневных управленческих задач. Исходя из этого, целесообразно оценивать эффективности по данным уровням управления и объединить их классификационным признаком «уровень управления в организации». Такие же виды эффективности предлагает выделять Н. Н. Яркина, однако автор объединяет их таким признаком как «зависимость от уровня глубины и детализации разработки целей и задач». Такая интерпретация признака является синонимичной с выделенным нами признаком, но она не уточняет, где именно выполняются задачи: в организации, в отдельном цеху или может это отдельное бизнес-решение. Г. В. Мешкова выделяет стратегическую и тактическую эффективность, которую выделяет по признаку «степень значимости». Это, на наш взгляд, является неточным, так все уровни управления являются равнозначными, и если, например, организация уделяет внимание только тактическому развитию, то она может быть не эффективна в долгосрочной перспективе, или, наоборот, слишком высокое внимание к стратегическим задачам приводит к неравномерности текущего управления организацией.

Разделяя точку зрения Н. Н. Яркиной, целесообразно проводить оценку эффективности по временному фактору, а именно выделять статичную и динамичную эффективность. Оценка статичной эффективности позволяет провести ее анализ на определенную дату, а динамичной позволяет просматривать тенденции развития организации за ряд лет или другой временной период.

Большинство рассмотренных авторов предлагают классифицировать эффективность по признаку «отношение к объекту и субъекту управления» на эффективность управления и эффективность производства. Выделение таких видов эффективности, на наш взгляд, является правомерным и позволяет отдельно оценить управленческую работу и производственно-хозяйственную деятельность.

Таким образом, большое количество классификационных признаков затрудняет процесс оценки эффективности деятельности организации, поэтому авторами была предпринята попытка выделения наиболее значимых признаков. Результаты классификации представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация видов эффективности промышленной организации

Источник: составлено авторами.

РАЗРАБОТКА ОБОБЩАЮЩЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Важной проблемой остается выбор оптимальной системы показателей, позволяющих быстро, четко и достоверно провести анализ эффективности деятельности организации, оценить состояние анализируемого объекта и предоставить руководству структурированную информацию, опираясь на которую, возможно принимать взвешенные управленческие решения. Вместе с тем наличие в методике анализа нескольких показателей, имеющих разнонаправленную динамику, приводит к затруднениям в части формирования выводов. Менеджер пытается выбрать, какие из рассчитанных показателей являются самыми

важными, а какие – наименее существенными, и какой же все-таки сделать вывод относительно изменения эффективности деятельности всей организации в целом. Именно это и обуславливает необходимость разработки системы обобщающей оценки, позволяющей сделать однозначный вывод о том, какой уровень эффективности наблюдается в организации. Схематично данную систему можно представить на рисунке 2.

На сегодняшний день существует огромное количество показателей эффективности, которые авторы объединяют в различные группы. При этом эффективность рассматривают с позиции видов эффективности [6], стратегии организации и приоритетности ее стратегических целей [7], отдельных видов ресурсов [8].



Источник: составлено авторами.

В данном исследовании система показателей разработана по видам эффективности исходя из классификационного признака «содержание». Такой подход выбран не случайно, как известно Республика Беларусь в данный момент реализует Национальную стратегию устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года, исходя из которой белорусская модель развития реализуется в триаде «человек – окружающая среда – экономика» [9]. Для достижения общенациональных целей устойчивого развития необходимо обеспечить их достижение на уровне отдельных институциональных единиц – промышленных организаций. Поэтому измерение эффективности по таким видам, как экономическая, социальная и экологическая является весьма актуальной.

При выборе показателей по видам эффективности была поставлена задача разработки экспресс-оценки, которая позволяла бы быстро и качественно оценить эффективность. Объект исследования – организации по производству

изделий из кожи концерна «Беллепром».

Для оценки экономической эффективности были предложены следующие показатели: рентабельность продаж, которая является критерием эффективности основной деятельности; степень использования производственной мощности, которая для промышленной организации позволяет оценить эффективность функционирования производства (например, при низкой ее загрузке можно констатировать проблемы в сбытовой деятельности и загруженность складов); индекс промышленного производства, позволяющий сделать вывод о динамике развития организации, о снижении или расширении деятельности (при его росте предприятия наращивают свой промышленный потенциал, при снижении – наоборот); индекс роста экспорта, который позволит оценить конкурентоспособность национальной продукции на внешнем рынке.

Социальную эффективность было предложено оценивать по коэффициенту роста численности работников, который может являться крите-

рием роста/снижения масштабов деятельности промышленной организации; соотношению темпов роста производительности труда и темпов роста среднемесячной заработной платы, которое позволяет оценить экономию или перерасход затрат на оплату труда и обоснованность их роста, и коэффициенту текучести кадров, позволяющему оценить удовлетворенность работников условиями труда.

Экологическую эффективность можно оценить по такому показателю, как удельный вес затрат на природоохранные мероприятия в себестоимости продукции, который позволяет оценить вклад предприятия в достижение экологических целей и сохранения благоприятных условий жизни для будущих поколений.

Показатели оценки эффективности деятельности организаций по производству изделий из кожи представлены в таблице 3.

Для расчета интегральных индексов отдельных видов эффективности предлагается использовать формулу (1):

$$I_i = \frac{1}{a+b} \times \left(\sum_{i=1}^a \frac{I_i - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} + \sum_{j=1}^b \left(1 - \frac{I_j - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \right) \right), (1)$$

где i – показатели, которые для роста эффективности должны увеличиваться ($i = 1, 2 \dots a$);

j – показатели, которые для роста эффективности должны уменьшаться ($j = 1, 2 \dots b$); I_i – значение рассчитанного показателя; I_{min} – минимальное значение показателя; I_{max} – максимальное значение показателя.

В качестве максимального значения предлагается использовать показатель лидера в отрасли, в качестве минимального – показатели аутсайдера. Объектом оценки выступают организации по производству изделий из кожи, входящие в концерн «Беллегпром».

Для интерпретации результатов расчета интегрального показателя эффективности предлагается использовать следующие критерии (таблица 4).

Таким образом, чем ближе значение интегрального показателя эффективности к 1, тем выше эффективность деятельности организации.

АПРОБАЦИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА

На основании предложенной системы показателей проведем апробацию расчета интегрального индекса эффективности на примере одной из организаций по производству изделий из кожи (таблица 5).

$$I = \frac{1}{8} \times (0,51 + 0,81 + 0,36 + 0,40 + 0,28 + 0,70 + 0,06) + (1 - 0,16) = 0,4945. \quad (2)$$

Таблица 3 – Показатели оценки эффективности деятельности организаций по производству изделий из кожи

Вид эффективности по содержанию	Показатель
Экономическая	– рентабельность продаж; – степень использования производственной мощности; – индекс промышленного производства; – индекс роста экспорта (рассчитывается в переводе выручки на доллары США)
Социальная	– коэффициент роста численности работников организации; – соотношение темпов роста производительности труда и темпов роста среднемесячной заработной платы; – коэффициент текучести кадров
Экологическая	– удельный вес затрат на природоохранные мероприятия в себестоимости продукции

Источник: составлено авторами.

Таблица 4 – Критерии для определения эффективности деятельности организации

Шкала оценки	Уровень эффективности
0–0,4	Низкий
0,4–0,7	Средний
0,7–1	Высокий

Источник: составлено авторами.

Таблица 5 – Результаты расчетов

Показатель	Расчетное значение для оцениваемой организации	Максимальное значение (значение лидера)	Минимальное значение (значение аутсайдера)	$\frac{I_j - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$	$1 - \frac{I_j - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$
Экономическая эффективность					
Рентабельность продаж, %	10,3	49,5	-31	0,51	-
Степень использования производственной мощности, %	81,7	100	5,6	0,81	-
Индекс промышленного производства, <i>коэфф.</i>	92,1	141,3	64,3	0,36	-
Индекс роста экспорта, %	82,7	189,9	12,1	0,40	-
Социальная эффективность					
Коэффициент роста численности работников организации, <i>коэфф.</i>	99,6	161,2	75,4	0,28	-
Соотношение темпов роста производительности труда и темпов роста среднемесячной заработной платы, <i>коэфф.</i>	0,94	1,15	0,45	0,70	-
Коэффициент текучести кадров	0,073	0,038	0,263	-	0,16
Экологическая эффективность					
Удельный вес затрат на природоохранные мероприятия в себестоимости продукции, %	0,09	1,08	0,03	0,06	-

Источник: составлено авторами.

Исходя из проведенных расчетов, можно сделать вывод о том, что в анализируемом периоде эффективность деятельности исследуемой организации была на среднем уровне.

Таким образом, поставленные цели и задачи исследования были выполнены, а предложенный подход расчета интегрального показателя эффективности может быть достоверно применен

для промышленных организаций. При этом имеется возможность корректировки используемой системы показателей в зависимости от имеющейся информационной базы. Дальнейшее развитие исследования может проходить по пути формирования системы оценочных показателей различных видов эффективности, выделенных по обозначенным признакам классификации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мешкова, Г. В. (2016), Основные подходы к анализу эффективности деятельности предприятий в условиях рыночной экономики, *Международный научно-исследовательский журнал*, № 4, С. 62–67.
2. Илюшина, О. С., Стуколова, Ю. К. (2017), Анализ методических подходов к оценке экономической эффективности деятельности предприятия, *Молодой ученый*, № 19 (153), С. 127–131.
3. Ахатова, А. Р. (2016), Оценка эффективности деятельности организации в туристической сфере, *Современные научные исследования и инновации*, № 12 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2016/12/75794>, (дата доступа: 23.07.2020).
4. Федяинов, А. И. (2009), Понятие и виды эффективности предпринимательской деятельности, *Вестник Омского университета*, С. 25–32.
5. Яркина, Н. Н. (2014), Теоретические аспекты оценки эффективности управления предприятием, *Проблемы экономики*, № 3, С. 279–285.
6. Касаева, Т. В., Андриянова, О. М., Грузневич, Е. С. (2017), *Современные методы оценки эффективности бизнеса*, Витебск, ВГТУ, 237 с.
7. Грузневич, Е. С., Щелкунова, З. И. (2017), Комплексная методика оценки эффективности деятельности коммерческой организации на

REFERENCES

1. Meshkova, G. V. (2016), The main approaches to the analysis of the efficiency of enterprises in a market economy [Osnovnye podhody k analizu effektivnosti deyatel'nosti predpriyatij v usloviyah rynochnoj ekonomiki], *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal – International research journal*, № 4, pp. 62–67.
2. Ilushina, O. S., Stukolova, Yu. K. (2017), Analysis of methodological approaches to assessing the economic efficiency of an enterprise [Analiz metodicheskikh podhodov k ocenke ekonomicheskoy effektivnosti deyatel'nosti predpriyatiya], *Molodoj uchenyj – Young scientist*, № 19 (153), pp. 127–131.
3. Ahatova, A. P. (2016), Assessment of the effectiveness of the organization in the tourism sector [Ocenka effektivnosti deyatel'nosti organizacii v turisticheskoy sfere], *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii – Modern scientific research and innovation*, № 12 available at: <http://web.snauka.ru/issues/2016/12/75794>, (accessed: 23.07.2020).
4. Fedyainov, A. I. (2009), The concept and types of business efficiency [Ponyatie i vidy effektivnosti predprinimatel'skoj deyatel'nosti], *Vestnik Omskogo universiteta – Omsk University Vestnik*, pp. 25–32.
5. Yarkina, N. N. (2014), Theoretical aspects of assessing the effectiveness of enterprise management [Teoreticheskie aspekty ocenki

- основе целевого подхода, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 (33), С. 123–131.
8. Доронина, Ф. Х. (2017), Интегральный подход в комплексной оценке эффективности деятельности предприятия, *Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление*, № 1 (20), С. 40–47.
 9. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. (2015), *Экономический бюллетень Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь*, № 4, С. 6–99.
 6. Kasaeva, T. V., Andryanova, O. M., Gruznevich, E. S. (2017), *Modern methods for assessing business performance* [Sovremennye metody ocenki effektivnosti biznesa], Vitebsk, VSTU, 237 p.
 7. Gruznevich, E. S., Schelkunova Z. I. (2017), Comprehensive methodology for assessing the effectiveness of a commercial organization based on a targeted approach [Kompleksnaya metodika ocenki effektivnosti deyatel'nosti kommercheskoj organizacii na osnove celevogo podhoda], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vitebsk of State Technological University Vestnik*, № 2 (23), pp. 123–131.
 8. Doronina, F. H. (2017), An integrated approach to a comprehensive assessment of the efficiency of an enterprise [Integral'nyj podhod v kompleksnoj ocenke effektivnosti deyatel'nosti predpriyatiya], *Vestnik Moskovskogo universiteta im. S.Yu. Vitte. Seriya 1: Ekonomika i upravlenie - Moscow University Vestnik S.Yu. Witte. Episode 1: Economics and Management*, № 1 (20), pp. 40–47.
 9. National Strategy for Sustainable Socio-Economic Development of the Republic of Belarus for the Period up to 2030 [Nacional'naya strategiya ustojchivogo social'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Belarus' na period do 2030 g.] (2015), *Ekonomicheskij byulleten' Nauchno-issledovatel'skogo ekonomicheskogo instituta Ministerstva ekonomiki Respubliki Belarus' – Economic Bulletin of the Scientific Research Economic Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus*, № 4, pp. 6–99.

Статья поступила в редакцию 13. 11. 2020 г.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕСА

INFORMATION SUPPORT FOR ASSESSMENT OF FINANCIAL EFFICIENCY OF BUSINESS

УДК 334:004.9

Т.В. Касаева*

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13916>**T. Kasayeva***

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ФИНАНСОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ОЦЕНКА ФИНАНСОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, БУХГАЛТЕРСКАЯ ОТЧЕТНОСТЬ, ДОБАВЛЕННАЯ СТОИМОСТЬ, EBITDA, ЧИСТЫЙ ДЕНЕЖНЫЙ ПОТОК

Вопросы оценки финансовой эффективности деятельности организации, функционирующей в рыночных условиях, становятся приоритетными в области управления бизнесом. Необходимо отметить, что результативность финансового анализа, главным образом, определяется качеством и полнотой имеющейся информации о деятельности организации.

Цель исследования – разработка направлений совершенствования информационного обеспечения оценки финансовой эффективности бизнеса, позволяющих реализовать различные подходы к ее анализу.

В современных условиях бухгалтерская отчетность, как основной поставщик информации о финансовых результатах деятельности организации, должна быть не только правильно составлена, но и содержать всю необходимую аналитическую информацию в форме, максимально удовлетворяющей потребностям всех ее пользователей. В связи с этим разработаны и обоснованы рекомендации по повышению информационного ресурса бухгалтерской отчетности. Так, по мнению автора, для применения современных подходов к оценке финансовой эффективности бизнеса бухгалтерская отчетность должна быть дополнена информацией о величине начисленной амортизации; о составе и «качестве»

ABSTRACT

FINANCIAL EFFICIENCY, FINANCIAL EFFICIENCY ASSESSMENT, INFORMATION SUPPORT, FINANCIAL STATEMENTS, ADDED VALUE, EBITDA, NET CASH FLOW

Considering efficiency as a business card of an organization, as an indicator of its success and stability, in terms of market relations financial efficiency is mentioned. The key factor in conducting a qualitative assessment of the financial performance of a commercial organization is the relevance and reliability of the information used. Its competent application allows to quickly make effective management decisions.

Financial statements, being a publicly available source of information about the functioning of an organization, contain basic data to achieve their goals by various user groups, in particular, when assessing the financial performance of a business. Most authors accept the point of view that financial efficiency should be reflected by a system of indicators (solvency, financial results, financial stability, cash flows, business activity). The allocation of each of the given groups of indicators is due to their differences in terms of target orientation; the role they play for the business in general, as well as information users.

At the same time, the evolution of world economic thought has led to the emergence of alternative approaches to assess financial efficiency. Increasing attention to the value added indicator in the national economy has expanded the boundaries of its application. Many economists see in it not so much a production effect as a financial one, and they propose to

* E-mail: KasayevaTV@mail.ru (T. Kasayeva)

краткосрочных финансовых вложений, краткосрочной дебиторской задолженности; о доходах будущих периодов. С целью обеспечения возможности использования в финансовом анализе показателя добавленной стоимости предложены рекомендации по совершенствованию методического и информационного обеспечения: для расчета реализованной добавленной стоимости; для определения ее величины по всем видам деятельности.

use the value added indicator in calculating financial performance indicators.

Evaluation of financial performance based on the EBITDA profit indicator and the analysis of net cash flow by the indirect method have a number of undoubted advantages, but they require the preparation of appropriate information support for their use in financial analysis.

In our opinion, implementation of the directions for improving the information support of financial analysis developed in the study will significantly increase the efficiency of the analytical process of commercial organizations.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Современная экономическая наука рассматривает финансовую эффективность бизнеса как самостоятельный вид эффективности, подчеркивая ее приоритетность в условиях рыночной экономики. Разрабатывается множество критериев финансового эффекта, которые могут заменять либо дополнять традиционные показатели прибыли: чистый денежный поток, созданная организацией добавленная стоимость, прирост стоимости бизнеса и т. д. Оценка финансовой эффективности функционирования субъектов реального бизнеса в значительной степени определяется наличием информационного обеспечения требуемого количества и качества.

В связи с этим исследования сущности финансовой эффективности бизнеса дополняются исследованиями информационного и информационно-аналитического обеспечения для ее оценки. Постоянный интерес широкого круга пользователей к достоверности финансового анализа вызывает активную дискуссию не только относительно критериев финансового эффекта, подходов к определению показателей финансовой эффективности, но и касательно соответствия содержания финансовой отчетности экономических субъектов информационным потребностям аналитиков.

Целью данного исследования является разработка направлений совершенствования информационного обеспечения оценки финансовой эффективности бизнеса, позволяющих реализовать различные подходы к ее анализу.

Для критериев оценки финансовой эффективности деятельности организации характерна целевая направленность: если в оценке кредитоспособности бизнеса преобладают показатели платежеспособности и финансовой устойчивости, то для собственника бизнеса наиважнейшую роль играет прирост его стоимости; если для обоснования текущих и перспективных бизнес-планов рассчитываются показатели рентабельности и денежных потоков, то оценка вклада конкретного бизнеса в экономический рост страны дается по показателю созданной этим бизнесом добавленной стоимости.

Несмотря на многоаспектность проблемы, ключевым фактором в проведении качественной аналитической работы является актуальность и достоверность используемой информации. Значимость информационного обеспечения по отношению к финансовому анализу отмечена многими экономистами, что определяет актуальность исследования.

К. А. Анущенко характеризует информационное обеспечение финансового анализа как «совокупность информационных ресурсов и способов их организации, необходимых и пригодных для реализации аналитических процедур, обеспечивающих финансовую сторону деятельности организации» [2, с. 56].

В трактовке информационного обеспечения, В. В. Ковалев также определяет его как «совокупность информационных ресурсов и способов их организации», но делает акцент на роли в принятии управленческих решений [9, с. 176].

В основе рациональной организации информационного обеспечения финансового анализа, по мнению А. Д. Шеремета и М. И. Баканова, «должны быть заложены такие принципы, как:

- определение информационных потребностей и способов их наиболее полного удовлетворения;
- объективное отражение хозяйственных операций в учете и отчетности;
- единство информации, полученной из разных источников;
- устранение дублирования в первичной информации;
- оперативность информации;
- выделение наиболее представительных аналитических показателей при формировании первичной информации;
- возможное ограничение объема и повышение уровня использования первичной информации;
- разработка программ использования и анализа первичной информации для принятия финансовых и инвестиционных решений» [5, с. 49].

Наиболее значимым из указанных принципов, на наш взгляд, является объективность отражения хозяйственных процессов, так как от степени адекватности информации по отношению к существующей ситуации зависит достоверность полученных выводов, а следовательно, и обоснованность принимаемых решений.

Традиционно информационной основой проведения финансового анализа являются данные финансовой (бухгалтерской) отчетности, содержание и порядок составления которой определяют национальные нормативно-правовые акты (в Республике Беларусь – это Национальный стандарт). Строгое регламентирование бухгалтерской отчетности позволяет сделать вывод о том, что она является наиболее представительным источником информации для проведения анализа финансовой эффективности. Именно по данным финансовой отчетности, как правило, дается оценка имущественного и финансового положения организаций и сложившихся тенденций в их изменении.

С другой стороны, авторы отмечают, что в системе информационного обеспечения финансового анализа можно выделить достаточно широкий круг проблем [6, с. 26]:

– во-первых, периодическое изменение показателей отчетности и методики их исчисления приводит к тому, что экономическая информация не всегда сопоставима;

– во-вторых, наблюдается сложная структура взаимосвязей между отдельными показателями отчетности;

– в-третьих, формирование дополнительных источников информации связано с достаточно большими затратами;

– в четвертых, не всегда представляется возможным использовать ранее накопленные динамические ряды показателей для выявления тенденций с целью прогнозирования;

– и т.д.

Можно согласиться с авторами, что отмеченные проблемы накладывают отпечаток на качество проводимого анализа и влияют на достоверность предоставляемой пользователю информации для принятия решений. Однако нельзя не отметить, что ряд этих проблем постепенно решается в нашей стране. Прежде всего, это касается достаточно стабильного содержания показателей финансовой отчетности, начиная с 2012 года. Вместе с тем это не позволило решить полностью проблему сопоставимости информации и ее использования для выявления тенденций, что обусловлено присутствием инфляционных процессов, произошедшей деноминацией и т.п.

Особую актуальность в связи с развитием сложившихся и становлением новых подходов к оценке финансовой эффективности бизнеса приобретает проблема формирования дополнительных источников информации.

В данном исследовании последовательно изучались основные проблемные вопросы, связанные с внедрением в аналитическую практику современных подходов к оценке финансовой эффективности бизнеса, и направления повышения информационного ресурса установленных национальных форм финансовой отчетности.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕСА

Изучение современного содержания финансового анализа позволяет сделать вывод о развитии в национальной практике самостоятельных подходов к оценке финансовой эффек-

тивности бизнеса, основанных на показателях:

- рентабельности,
- финансового состояния,
- денежных потоков,
- стоимости бизнеса,
- добавленной стоимости.

Безусловно, преимущественной является область применения первых двух групп показателей.

Показатели рентабельности, отражающие результативность деятельности субъекта хозяйствования, позволяют судить об уровне прибыльности бизнеса с помощью относительных величин, расчет которых основан на сопоставлении различных показателей прибыли с соответствующими факторами формирования этой прибыли. Их многообразие послужило основой формирования трех основных классификационных подходов: затратного, доходного и ресурсного. Использование разных подходов в аналитической практике не всегда приводит к одинаковому выводу об эффективности функционирования организации: наиболее успешный бизнес по показателям рентабельности продукции или рентабельности продаж может иметь средние, а иногда и достаточно низкие показатели рентабельности активов. Информационной основой для расчета показателей рентабельности служат показатели бухгалтерской и статистической отчетности. Гармонизация учетных систем разных стран, внедрение в национальную практику международных стандартов финансовой отчетности требуют единого подхода и к определению показателей прибыли. Здесь обнаруживается одна из серьезнейших проблем национальной учетной системы: отсутствие в учете и отчетности показателя общей суммы прибыли от всех видов деятельности. Речь идет о сумме заработанной бизнесом прибыли без учета ее распределения, то есть без учета использования прибыли на выплату процентов за пользование заемным капиталом, дивидендов учредителям, на нужды работников организации и т. п. Именно такая величина прибыли применяется в расчете многих показателей рентабельности в международной практике.

Причиной сложившейся ситуации является действующий порядок учета финансовых результатов, который не обеспечивает полное вы-

полнение одного из базовых требований МСФО о недопустимости взаимозачета между статьями, формирующими финансовый результат, и статьями, отражающими использование полученной прибыли. Так, в соответствии с действующим типовым планом счетов и инструкцией по его применению на счете 90 «Доходы и расходы по текущей деятельности» формируется финансовый результат по текущей деятельности. Вместе с тем этот результат определяется за вычетом расходов организации, осуществляемых за счет прибыли (например, материальная помощь работникам, содержание объектов культурно-бытового назначения и т. п.).

Аналогичная ситуация наблюдается и при выведении финансового результата по инвестиционной и финансовой деятельности на счете 91 «Прочие доходы и расходы». Прибыль, отражаемая в отчетности по этим видам деятельности, определяется за вычетом расходов на выплату процентов за пользование кредитами и займами.

В результате сумма прибыли, отражаемая по кредиту счета 99 «Прибыли и убытки», уже уменьшена на сумму ее использования по целому ряду направлений.

Показатели финансового состояния играют наиболее важную роль в практике финансового анализа деятельности коммерческих организаций Республики Беларусь, так как они позволяют сделать вывод не только о прибыльности организации, но и об имущественном и финансовом состоянии, об обеспеченности источниками получения прибыли. В практике анализа финансового состояния бизнеса разработаны различные методы и способы, в том числе рейтинговая оценка, системы динамических нормативов и другие. Однако самым распространенным методом оценки финансового состояния организации является коэффициентный анализ. Широкое применение коэффициентного метода анализа обусловлено, во-первых, доступностью информации для его проведения, а во-вторых, наличием разработанных нормативных значений коэффициентов для принятия выводов о платежеспособности и финансовой устойчивости экономического субъекта.

С другой стороны, расчет финансовых коэффициентов сопряжен с целым рядом дискус-

сионных моментов.

Прежде всего, необходимо принимать во внимание зависимость указанных показателей от выбранной учетной политики организации. Вариативность оценки отдельных статей активов и обязательств несомненно оказывает влияние на показатели бухгалтерского баланса, отчета о прибылях и убытках и отдельных показателей статистической отчетности, в частности, касающейся затрат на производство продукции, работ, услуг. Так, выбранный организацией метод начисления амортизации основных средств и порядок определения срока их полезного использования может существенно повлиять на величину остаточной стоимости основных средств, отражаемую в балансе, и как следствие, на величину долгосрочных активов, учитываемую при оценке обеспеченности организации собственными оборотными средствами. Аналогичную цепочку зависимостей можно проследить и относительно порядка амортизации нематериальных активов. Различные варианты оценки могут быть выбраны в отношении незавершенного производства, порядке списания предметов в обороте (инвентаря, спецодежды, спецоснастки и др.), что отразится на величине краткосрочных активов, задействованной в расчете коэффициентов ликвидности и платежеспособности. Однако наиболее проблемными статьями актива баланса, оказывающими влияние на результаты оценки финансового состояния, являются статьи, отражающие дебиторскую задолженность, так как не учитывается оценка реальной к взысканию задолженности. Величину быстроликвидных активов может завышать включение в их состав всех краткосрочных финансовых вложений.

Достаточно условной величиной является и сумма отдельных статей обязательств. Например, это касается резерва предстоящих платежей, так как их реальная сумма может быть установлена только в момент их совершения. При определении полной суммы обязательств также возможно искажение итога раздела V баланса вследствие включения в него общей суммы доходов будущих периодов, к которым могут быть отнесены и суммы полученной безвозмездной помощи (хотя они не сопряжены с какими-либо обязательствами).

Отмеченные проблемы охватывают только часть обсуждаемых финансовыми аналитиками вопросов.

Денежные потоки характеризуют движение наиболее мобильного элемента оборотного капитала организации – денежных средств. Всеобщий переход коммерческих организаций на отражение в учете выручки от реализации продукции по факту ее отгрузки вызвал у отдельных практиков злободневный вопрос: почему прибыль есть, а денежных средств нет? В результате произошло смещение акцентов в финансовом анализе в сторону анализа денежных потоков, который может проводиться прямым либо косвенным методом. В основу составления финансовой отчетности экономических субъектов Республики Беларусь положен прямой метод определения чистого денежного потока.

Мировой опыт анализа денежных потоков доказывает, что наиболее информативным по содержанию является косвенный метод, который дает установить взаимосвязь полученной прибыли и изменения остатка денежных средств. Этот метод основан на пересчете полученного финансового результата (чистой прибыли) путем определенных корректировок.

Анализ денежных потоков косвенным методом позволяет дать количественную оценку влияния изменений в составе имущества и источников его образования на величину чистого денежного потока организации. Это, в свою очередь, помогает обнаружить отрицательные аспекты в деятельности организации и разработать предупредительные меры по недопущению отрицательной величины чистого денежного потока.

Различия в суммах чистого денежного потока и чистой прибыли вполне закономерны, так как отражение отгруженной продукции в отчете о прибылях и убытках в показателе выручки от реализации продукции не означает безусловного получения (пусть даже и в будущем) эквивалентной суммы денежных средств. Кроме того, формирование отдельных доходов и расходов, влияющих на сумму прибыли, не затрагивает притоков или оттоков денежных средств. Например, сумма начисленной амортизации уменьшает прибыль организации, но не влечет оттока денежных средств. С другой стороны, погашение

дебиторской задолженности покупателей за отгруженную им ранее продукцию не влияет на финансовый результат в отчетном периоде, но влечет приток денежных средств и т. д.

Несмотря на безусловные преимущества анализа денежных потоков косвенным методом, необходимо отметить, что применение данного метода вызывает затруднения ввиду больших затрат времени на формирование достаточного информационного обеспечения.

Показатели стоимости бизнеса легли в основу так называемого экономического подхода к оценке эффективности бизнеса, который многие авторы обозначают как альтернативный бухгалтерскому подходу, основанному на показателях прибыли. Стоимостной подход к оценке эффективности бизнеса предусматривает, что основным критерием эффективности деятельности коммерческой организации является прирост ее стоимости. Этот подход основан на рассмотрении бизнеса как объекта собственности и рассуждениях о том, что с позиции собственника успешным может считаться только тот бизнес, стоимость которого постоянно увеличивается.

Развитие стоимостного подхода привело к появлению целого ряда показателей финансовой эффективности, таких как прирост стоимости бизнеса, цена акции, доход на акцию и др. Так, например, в качестве показателя финансовой эффективности может быть использован относительный показатель прироста стоимости бизнеса в расчете на каждый рубль задействованных в бизнесе активов. Он будет своего рода альтернативой показателю рентабельности активов, рассчитанному по чистой прибыли.

Представляет интерес сравнение разных подходов к оценке финансовой эффективности деятельности организаций, относящихся к подсекции СВ «Производство текстильных изделий,

одежды, изделий из кожи и меха» обрабатывающей промышленности (названия организаций не приведены с целью сохранения конфиденциальности информации) (таблица 1).

Применение стоимостного подхода, как видим, дает отличные от традиционного подхода результаты и выводы об эффективности функционирования организаций.

Вместе с тем применение указанного подхода при оценке финансовой эффективности деятельности организаций в национальной практике связано с рядом проблем. Прежде всего, это касается расчета стоимости бизнеса и оценки ее прироста. Накопленный зарубежный опыт указывает на то, что для этих целей используется множество нетрадиционных для практической деятельности национальных организаций показателей, как например EVA (экономическая добавленная стоимость), EBITDA (прибыль до уплаты процентов), CapitalCashFlows (денежный поток для всего капитала), EquityCashFlows (денежный поток для собственного капитала), FreeCashFlows («очищенный» денежный поток) и другие. Эти показатели пока не нашли широкого применения в национальной аналитической практике, в результате чего можно отметить отсутствие в финансовой отчетности организаций необходимой информационной базы для их расчета.

Показатели добавленной стоимости, созданной конкретным бизнесом, становятся предметом исследования многих экономистов [1, 3, 7, 8, 11, 12]. Причиной такого интереса является стремление унифицировать оценку вклада в экономическое развитие страны конкретного региона, вида экономической деятельности, отдельной институциональной единицы.

Постановлением Министерства экономики Республики Беларусь и Министерства труда и

Таблица 1 – Сравнение результатов оценки функционирования исследуемых организаций

Показатели	Организация 1	Организация 2	Организация 3
Прибыль от реализации продукции и рентабельность продаж	Рост эффективности	Рост эффективности	Снижение эффективности
Прирост стоимости бизнеса в расчете на 1 руб. активов	Снижение эффективности	Рост эффективности	Рост эффективности

Источник: составлено автором.

социальной защиты населения Республики Беларусь от 31.05.2012 г. № 48/71 утверждены «Методические рекомендации по расчету добавленной стоимости на одного среднесписочного работника (производительности труда по добавленной стоимости) на уровне организации» [10].

Исследователи отмечают, что добавленная стоимость отдельной организации не только представляет стоимостную оценку ее работы, но и является источником экономического роста и формирования доходов всех участников общественного воспроизводства:

- собственников капитала путем обеспечения возможностей развития бизнеса и получения дивидендов;
- работников организации путем обеспечения возможности получения более высокой оплаты их труда;
- государства путем обеспечения возможности пополнения бюджетов различного уровня за счет налоговых платежей.

В методических рекомендациях (пункт 5 главы 2) отмечаются преимущества показателя добавленной стоимости по сравнению с показателем прибыли. Отмечается тот факт, что 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. Показатель используется в оценке эффективности научно-технических разработок, в сопоставлении темпов роста производительности

труда и заработной платы, в оценке обеспеченности фонда заработной платы реализованной добавленной стоимостью и т. д.

Таким образом, многие экономисты видят в показателе добавленной стоимости не столько производственный эффект, сколько финансовый, и предлагают использовать показатель добавленной стоимости в расчете показателей финансовой эффективности.

Вместе с тем с применением добавленной стоимости в оценке финансовой эффективности появляется ряд дискуссионных вопросов, которые отмечались в [8].

Следовательно, финансовый анализ должен дать возможность оценить, насколько эффективно ресурсы использовались и для создания добавленной стоимости, и для получения организацией прибыли. Исключение элементов промежуточного потребления при переходе к показателям добавленной стоимости повышает объективность оценки вклада конкретного бизнеса в общий экономический результат деятельности страны в целом, то есть в создание ВВП. Провозглашенная в нашей стране ориентация на производство с высокой добавленной стоимостью призвана в значительной степени обеспечить экономический рост государства. Проводимые исследования по оценке финансовой эффективности бизнеса показывают, что достаточно прибыльный бизнес порой создает относительно невысокую долю добавленной стоимости в объемах произведенной продукции (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика основных показателей финансовой эффективности деятельности организаций*

Показатель		Организация 1		Организация 2	
		Базисный год	Отчетный год	Базисный год	Отчетный год
Рентабельность продукции, исчисленная по	прибыли от реализации, %	0,02	7,19	10,27	12,40
	добавленной стоимости, %	72,59	75,49	29,32	30,94
Рентабельность продаж, исчисленная по	прибыли от реализации, %	0,01	6,71	9,32	11,03
	добавленной стоимости, %	72,35	70,43	26,60	27,53

Источник: составлено автором.

Примечание: * – Организация 3 в данном примере исключена, так как имеет убыток от реализации продукции, работ, услуг.

Проведенные расчеты показывают, что замена традиционного показателя финансового эффекта – прибыли – на показатель добавленной стоимости приводит к изменению представления об эффективности бизнеса. Так, коэффициенты рентабельности, рассчитанные по прибыли, в Организации 2 оказались выше аналогичных показателей Организации 1. Однако показатели, рассчитанные по добавленной стоимости, демонстрируют обратную ситуацию.

Таким образом, оценка финансовой эффективности на основе добавленной стоимости имеет ряд несомненных достоинств, но требует подготовки соответствующего информационного обеспечения для применения ее различными заинтересованными пользователями.

РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Среди отчетных форм наибольшим информационным потенциалом обладают бухгалтерский баланс и отчет о прибылях и убытках, на основании которых рассчитывается большинство аналитических показателей, используемых для оценки финансовой эффективности бизнеса и финансовой устойчивости субъектов предпринимательской деятельности. В результате последнего усовершенствования их структуры и содержания были решены некоторые проблемные вопросы (раздельное отражение краткосрочной и долгосрочной частей дебиторской задолженности, финансовых вложений и др.). Однако имеются возможности дальнейшего повышения

информационного ресурса бухгалтерской отчетности. Кроме этого, на наш взгляд, не в полной мере реализуются аналитические возможности годовой пояснительной записки, которая может быть дополнена рядом справочных таблиц установленного образца.

Предыдущая форма бухгалтерского баланса, действовавшая до 2012 г., помимо информации об остаточной стоимости основных средств содержала сведения о первоначальной стоимости и сумме начисленной амортизации, что позволяло оценить степень их износа. В настоящее время в балансе не приводится такая информация. Вместе с тем без суммы амортизации не представляется возможным провести анализ чистого денежного потока косвенным методом. Также нельзя рассчитать показатель прибыли EBITDA, равный сумме чистой прибыли от операционной деятельности EBIT и амортизации. Высокую значимость данному показателю в мировой практике придают в связи с устранением различий, возникающих из-за вариативности начисления амортизации, в результате чего финансовому результату дается более объективная характеристика. Поэтому целесообразно отражать в балансе сумму накопленной амортизации, а в отчете о прибылях и убытках – сумму начисленной амортизации в отчетном периоде (таблица 3).

Как уже отмечалось, имеется целый ряд проблемных вопросов в оценке финансового состояния организации в связи с содержанием и оценкой отдельных статей баланса. На сегодняшний день самыми распространенными в

Таблица 3 – Рекомендуемое отражение в бухгалтерской отчетности информации о величине начисленной амортизации

Форма отчетности	Информация в действующей форме отчетности	Рекомендуемое отражение информации
Бухгалтерский баланс	Стр. 110 «Основные средства» – приводится остаточная стоимость основных средств	Стр. 110 «Основные средства» – приводится остаточная стоимость основных средств Стр. 111 «Первоначальная стоимость основных средств» Стр. 111 «Первоначальная стоимость основных средств» Стр. 112 «Накопленная амортизация» (величина показывается в круглых скобках)

Источник: составлено автором.

практической деятельности показателями финансового состояния безусловно являются коэффициенты текущей ликвидности, обеспеченности собственными оборотными средствами, обеспеченности обязательств активами. Для обеспечения единого методологического подхода к оценке платежеспособности субъектов хозяйствования законодательно определено использование и порядок расчета перечисленных коэффициентов, а также установлены нормативные значения, дифференцированные по видам экономической деятельности.

Однако в большинстве случаев в дополнение к перечисленным коэффициентам для оценки платежеспособности организации привлекают коэффициент абсолютной ликвидности и промежуточный (уточненный) коэффициент ликвидности, для которых также установлены нормативные значения.

Расчет коэффициента абсолютной ликвидности основан на сопоставлении общей суммы денежных средств и быстрореализуемых ценных бумаг с краткосрочными обязательствами организации. Однако в практике анализа быстрореализуемые ценные бумаги, как правило, приравниваются к статье баланса «Краткосрочные финансовые вложения». Необходимо отметить, что состав данной статьи баланса достаточно сложный по своему содержанию. В ней сосредоточены не только краткосрочные инвестиции в зависимые общества, краткосрочные инве-

стиции в ценные бумаги других организаций и в государственные ценные бумаги, но и предоставленные организацией займы. Более того, различные виды инвестиций могут иметь разную вероятность и разные сроки их погашения. Если учитывать назначение коэффициента абсолютной ликвидности как показателя способности организации быстро погасить текущую задолженность, то весьма сомнительным в данном случае будет учет ценных бумаг со сроком погашения, например, 11 месяцев. Поэтому, на наш взгляд, для повышения степени объективности анализа ликвидности данные бухгалтерской отчетности целесообразно дополнить информацией о составе и «качестве» финансовых вложений (таблица 4).

Промежуточный (уточненный) коэффициент ликвидности, который характеризует способность организации погасить текущие долги за счет имеющихся денежных средств, краткосрочных финансовых вложений и дебиторской задолженности также требует уточнения порядка его расчета, в основе которого лежит соответствующее информационное обеспечение. Особую актуальность эта проблема приобретает для организаций, имеющих в составе своих активов значительный удельный вес дебиторской задолженности. Достоверность выводов о платежеспособности экономического субъекта по полученной величине данного коэффициента во многом будет определяться качеством де-

Таблица 4 – Справочная информация к бухгалтерскому балансу о составе краткосрочных финансовых вложений

Краткосрочные финансовые вложения	Срок погашения			
	До 1 месяца	От 1 до 3 месяцев	От 3 до 6 месяцев	От 6 до 12 месяцев
Быстрореализуемые ценные бумаги				
Краткосрочные инвестиции в зависимые общества				
Инвестиции в ценные бумаги других организаций				
Инвестиции в государственные ценные бумаги				
Предоставленные организацией займы				

Источник: составлено автором.

биторской задолженности, которая характеризуется: сроками ее образования, финансовым положением дебитора, условиями договора и другими факторами.

Бесспорным является вопрос об исключении из состава дебиторской задолженности сумм авансов, выданных поставщикам товарно-материальных ценностей, так как в погашение этих задолженностей поступят ценности, которые будут отражены в долгосрочных активах организации либо в составе запасов (то есть в составе краткосрочных активов перейдут из статей дебиторской задолженности в статьи запасов). Более сложным является анализ прочей дебиторской задолженности, которая включает разнородные по содержанию, срокам и способам погашения суммы. Учитывая, что реальные возможности бизнеса в погашении текущих обязательств будут напрямую зависеть от сроков погашения имеющейся дебиторской задолженности, для получения достоверной величины коэффициента промежуточной ликвидности необходимо обоснованное решение о включении в состав ликвидных активов дебиторской задолженности. Информационную основу такого решения может обеспечить соответствующая аналитическая расшифровка дебиторской задолженности (таблица 5).

Одной из важнейших составляющих анализа финансовой эффективности является рассмот-

рение показателей доходности или рентабельности бизнеса, расчет которых базируется на данных отчета о прибылях и убытках. Обозначим некоторые возможности дальнейшего повышения информационного ресурса отчета о прибылях и убытках, которые расширяли бы возможности финансового анализа в соответствии с международными нормами и правилами. Как уже отмечалось, главная проблема заключается в том, что в учете и отчетности не формируется такой показатель, как общая сумма прибыли от всех видов деятельности до ее распределения (то есть до выплаты налогов, процентов, дивидендов и использования ее на нужды наемного персонала). Тем не менее именно такая величина прибыли присутствует и в стоимостном подходе к оценке эффективности бизнеса, и в расчете целого ряда показателей рентабельности.

Исходя из этого, на наш взгляд, требует доработки порядок отражения в учете и отчетности процесса формирования финансового результата. Для целей финансового анализа эта доработка может проходить по одному из двух направлений: либо введение дополнительного счета, на котором бы отражался процесс накопления прибыли и процесс ее использования с помощью параллельных учетных записей, либо построение такой системы аналитического учета, в которой нашла бы отражение вся сумма заработанной прибыли для всех заинтересованных

Таблица 5 – Справочная информация к бухгалтерскому балансу о составе краткосрочной дебиторской задолженности

Вид дебиторской задолженности	Срок погашения			
	До 1 месяца	От 1 до 3 месяцев	От 3 до 6 месяцев	От 6 до 12 месяцев
Задолженность покупателей за продукцию, товары и услуги				
Полученные от покупателей авансы				
Задолженность работников по предоставленным займам				
Задолженность в результате переплаты финансовым и налоговым органам				
Возмещение материального ущерба				
Прочая дебиторская задолженность				

Источник: составлено автором.

сторон (организации, кредиторов, государства, наемного персонала) и процесс использования прибыли (налоги для государства, проценты кредиторам за ссуженный капитал, дивиденды акционерам за вложенный капитал, премии и другие выплаты для работников). Построение системы аналитического учета представляется возможным либо с помощью использования соответствующих субконто при автоматизированной обработке учетной информации, либо с использованием дополнительных субсчетов. В результате процесс формирования финансового результата стал бы более прозрачным.

Возросший интерес к показателю добавленной стоимости в современной экономике требует разработки соответствующего методического и информационного обеспечения по применению этого показателя для оценки эффективности функционирования отдельных институциональных единиц – коммерческих организаций.

По данным формы статистической отчетности 4-ф (затраты) «Отчет о затратах на производство и реализацию продукции (работ, услуг)», как уже отмечалось в [8], в настоящее время представляется возможным определить величину добавленной стоимости, относящейся к объему произведенной продукции. В то же время большой интерес, с точки зрения расширения перечня рассчитываемых показателей финансовой эффективности, вызывает определение добавленной стоимости, относящейся к реализованной продукции. При распространении соотношения

объемов произведенной и реализованной продукции на величину произведенной и реализованной добавленной стоимости информация может быть искажена. В то же время информация, содержащаяся в отчете о прибылях и убытках, недостаточна для расчета реализованной добавленной стоимости. Поэтому, на наш взгляд, необходимо в системе учета затрат на производство продукции и в учете расходов на реализацию организовать обособленный учет элементов промежуточного потребления, что позволит выделить величину промежуточного потребления в затратах на производство и реализацию продукции. При этом расчет реализованной добавленной стоимости может быть выполнен с помощью простых арифметических вычислений. Справочная информация данного характера, прилагаемая к бухгалтерской отчетности, может быть представлена в виде таблицы 6.

Формирование такой информации требует соответствующего построения учета затрат на производство. Аналитический учет должен включать статьи затрат на производство и реализацию продукции с выделением формирующих промежуточное потребление. Учетные работники могут дополнить рабочий план счетов соответствующими субсчетами для учета затрат, относящимися к промежуточному потреблению. В этом случае представляется возможным заполнение рекомендуемой справки для реализованной добавленной стоимости.

Таблица 6 – Справочная информация к отчету о прибылях и убытках для расчета реализованной добавленной стоимости

Показатель	Код строки	За отчетный год	За предыдущий год
Выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг	010		
Себестоимость реализованной продукции, товаров, работ – всего,	020		
в т. ч. промежуточное потребление	021		
Управленческие расходы – всего,	040		
в т. ч. промежуточное потребление	041		
Расходы на реализацию – всего,	050		
в т. ч. промежуточное потребление	051		

Источник: составлено автором.

Построение такой системы аналитического учета позволяет решить ещё один проблемный вопрос: получение полной величины добавленной стоимости (по всем видам экономической деятельности). Содержащаяся в статистической отчетности информация позволяет рассчитать его пока только по основному виду деятельности ввиду отсутствия детализации прочих затрат в разделе №1 формы 4-ф (затраты).

Вместе с тем выделение основного вида деятельности предполагает его существенную значимость в формировании показателей производства и реализации в целом по организации. Практика показывает, что часто структура общих затрат организации сопоставима с затратами основного вида деятельности. В этом случае расчет необходимых статей прочих затрат в целом по организации возможен путем корректировки аналогичных статей затрат по основному виду деятельности на коэффициент соотношения затрат общих и основного вида деятельности. Для наглядности проведем апробацию предлагаемого подхода по данным Организации 1 (таблица 7).

Подготовка соответствующего информационного обеспечения позволит всем заинтересованным пользователям применять показатель добавленной стоимости в оценке финансовой эффективности. В свою очередь, реализация рассматриваемого направления анализа обеспечит единство подходов и критериев к оценке эффективности на различных уровнях: организации, региона, страны.

ВЫВОДЫ

Применение бухгалтерской отчетности в качестве информационной основы оценки финансовой эффективности бизнеса оправдано целым рядом ее преимуществ: единообразием форм отчетности, открытостью, обязательностью для всех экономических субъектов. Анализ бухгалтерской отчетности позволяет выявить основные тенденции, сложившиеся в имущественном и финансовом положении организации, определить меры по их улучшению.

Однако в системе информационного обеспечения финансового анализа выделяется широкий круг проблем, связанных с гармонизацией показателей отчетности, внедрением в нацио-

Таблица 7 – Расчет добавленной стоимости в целом по организации

Показатель	В целом по организации		По основному виду экономической деятельности	
	тыс. руб.	уд. вес (для затрат), %	тыс. руб.	уд. вес (для затрат), %
Затраты на производство	7406	100	6732	100
Материальные затраты	1782	24,06	1461	21,70
Затраты на оплату труда	3775	50,97	3558	52,85
Отчисления на социальные нужды	1328	17,93	1251	18,58
Амортизация	9	0,12	9	0,13
Прочие затраты, в том числе	512	6,92	453	6,73
– арендная плата,	11		10	
– представительские расходы,	–		–	
– услуги других организаций	105		96	
Коэффициент соотношения затрат ($Z_{общие} / Z_{основного\ вида\ деятельности}$)	7406 / 6732 = 1,1001			
Объем производства продукции	7853		7080	
Добавленная стоимость	5508		5165	

Источник: составлено автором.

нальную практику новых критериев и показателей финансовой эффективности деятельности коммерческих организаций, дефицитом информации с позиции международных подходов к оценке финансовой эффективности и других. Эти проблемы накладывают отпечаток на качество проводимого анализа, на обоснованность принимаемых управленческих решений.

На наш взгляд, обозначенные в статье изменения и дополнения в бухгалтерской отчетности значительно повышают ее информационный ресурс, что позволит объективнее оценивать результаты деятельности организаций и их финансовое состояние. Реализация изложенных направлений развития информационного обеспечения финансового анализа основана, в большинстве случаев, на составлении аналитических справок, которые одновременно наполняют содержание пояснительной записки к бухгалтерской отчетности и в значительной степени повысят эффективность аналитического процесса, обеспечив его достоверность и объективность. Комплексный анализ финансовой эффективности бизнеса, в свою очередь, должен охватывать все обозначенные подходы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андреева, Т. В., Ермакова, Ж. А. (2011), Добавленная стоимость в системе анализа цепочки производства продукции, *Вестник Оренбургского государственного университета*, № 10, С. 38–40.
2. Анущенко, К. А., Анущенко, В. Ю. (2009), *Финансово-экономический анализ: учебно-практическое пособие*, Москва, 406 с.
3. Ашхотов, А. М. (2020), *Развитие промышленности и производство добавленной стоимости*, режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-promyshlennosti-i-proizvodstvo-dobavlennoy-stoimosti>, (дата доступа 14.05.2020).

REFERENCES

1. Andreeva, T. V., Ermakova, Zh. A. (2011), Value added in a production chain analysis system [Dobavlennoy stoimost' v sisteme analiza tsepochki proizvodstva produktsii], *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta – Vestnik of the Orenburg State University*, № 10, pp. 38–40.
2. Anushchenkova, K. A., Anushchenkova, V. Yu. (2009), *Finansovo-ekonomicheskii analiz: uchebno-prakticheskoye posobiye* [Financial and economic analysis: educational and practical guide: textbook], Moscow, 406 p.
3. Ashkhotov, A. M. (2020), *Industrial development and value-added production* [Razvitiye promyshlennosti i proizvodstvo dobavlennoy stoimosti],

4. Бабынина, Г. М. (2014), Добавленная стоимость – ключевой фактор финансового здоровья предприятия, *Экономика и управление*, № 3, С. 42.
5. Баканов, М. И., Мельник, М. В., Шеремет, А. Д. (2005), *Теория экономического анализа: учебник: 5-е изд., перераб. и доп.*, Москва, 536 с.
6. Бочаров, В. В. (2009), *Финансовый анализ. Краткий курс: 2-е изд.*, Санкт-Петербург, 240 с.
7. Графова, Г. Ф., Абрашков, Л. Я. (2013), Добавленная стоимость как критерий оценки эффективности предпринимательской деятельности, *Экономика и управление*, № 3, С. 216–219.
8. Касаева, Т. В. (2018), Показатель добавленной стоимости в оценке эффективности деятельности организации, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 (35), С. 123–135.
9. Ковалев, В. В. (2002), *Финансовый анализ: методы и процедуры*, Москва, 560 с.
10. Об утверждении методических рекомендаций по расчету добавленной стоимости и добавленной стоимости на одного среднесписочного работника (производительности труда по добавленной стоимости) на уровне организации: постановление Министерства экономики Республики Беларусь и Министерства труда Республики Беларусь, 31 мая 2012 г., № 48/71.
11. Порядин, В. С. (2020), *Анализ существующих методов оценки экономической эффективности деятельности предприятий*, режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-metodov-otsenki-ekonomicheskoy-effektivnosti-deyatelnosti-predpriyatiy>, (дата доступа 14.05.2020).
12. Юрчик, В. И. (2011), Добавленная стоимость предприятия – финансовый и бухгалтерский аспект на основе системы национальных счетов, available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-promyshlennosti-i-proizvodstvo-dobavlennoy-stoimosti>, (accessed 14 May 2020).
4. Babynina, G. M. (2014), Value added is a key factor in the financial health of an enterprise [Dobavlennoy stoimost' – klyuchevoy faktor finansovogo zdorov'ya predpriyatiya], *Ekonomika i upravleniye – Economics and Management*, № 3, p. 42.
5. Bakanov, M. I., Melnik, M. V., Sheremet, A. D. (2005), *Teoriya ekonomicheskogo analiza: ucheb-nik* [The theory of economic analysis: textbook: 5th ed., rev. and add.], Moscow, 536 p.
6. Bocharov, V. V. (2009), *Finansovyy analiz. Kratkiy kurs* [Financial analysis. Short course: 2th ed.], St. Petersburg, 240 p.
7. Grafova, G. F., Abrashkov, L. Ya. (2013), Value added as a criterion for assessing the effectiveness of entrepreneurial activity [Dobavlennoy stoimost' kak kriteriy otsenki effektivnosti predprinimatel'skoy deyatelnosti], *Ekonomika i upravleniye – Economics and Management*, № 3, pp. 216–219.
8. Kasaeva, T. V. (2018), Indicator of value added in assessing the effectiveness of an organization [Pokazatel' dobavlennoy stoimosti v otsenke effektivnosti deyatelnosti organizatsii], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, № 2 (35), pp. 123–135.
9. Kovalev, V. V. (2002), *Finansovyy analiz: metody i protsedury* [Financial analysis: methods and procedures], Moscow, 560 p.
10. On the approval of guidelines for calculating value added and value added per average employee (labor productivity at value added) at the organizational level: Resolution of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus and the Ministry of Labor of the Republic of Belarus, May 31, 2012, No. 48/71. [Ob

тов, *Бухгалтерский учет и анализ*, № 5, С. 6–12.

utverzhdenii metodicheskikh rekomendatsiy po raschetu dobavlennoy stoimosti i dobavlennoy stoimosti na odnogo srednespisochnogo rabotnika (proizvoditel'nosti truda po dobavlennoy stoimosti) na urovne organizatsii: postanovleniye Ministerstva ekonomiki Respubliki Belarus' i Ministerstva truda Respubliki Belarus', 31 maya 2012 g., № 48/71].

11. Poryadin, V. S. (2020), *Analysis of existing methods for assessing the economic efficiency of enterprises* [Analiz sushchestvuyushchikh metodov otsenki ekonomicheskoy effektivnosti deyatelnosti predpriyatiy], available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-metodov-otsenki-ekonomicheskoy-effektivnosti-deyatelnosti-predpriyatiy>, (accessed 14 May 2020).
12. Yurchik, V. I. (2011), Enterprise value added - financial and accounting aspects based on the system of national accounts [Dobavlennoy stoimost' predpriyatiya – finansovyy i bukhgalterskiy aspekt na osnove sistemy natsional'nykh schetov], *Bukhgalterskiy uchët i analiz – Accounting and analysis*, № 5, pp. 6–12.

Статья поступила в редакцию 19. 11. 2020 г.

РАЗВИТИЕ СОЦИАЛЬНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА: СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА

SOCIAL ENTREPRENEURSHIP DEVELOPMENT: STATISTICAL MEASUREMENT AND INSTITUTIONAL SUPPORT

УДК 334.7

К.И. Краенкова**Витебский государственный технологический университет*<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13917>**K. Krayenkova****Vitebsk State Technological University*

РЕФЕРАТ

СОЦИАЛЬНОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО, ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА СУБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА, РАЗВИТИЕ, СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

На протяжении столетий государству отводилась главная роль в вопросах реализации социальной политики. Однако государство не является идеальным инструментом решения общественных проблем и задач, оно выступает главным регулятором в координации данных вопросов. Радикальные изменения, провалы рынка, экономический кризис, инертное развитие социальных структур по сравнению с динамикой самого общества, низкая эффективность государственной социальной политики, несвоевременная реализация поставленных задач способствуют появлению различных проблем, в том числе социальных. Перечисленные трудности государство не в состоянии решить без помощи сторонних структур: благотворительных организаций, представителей предпринимательства и т. д. Данные обстоятельства привели к развитию нового подхода к ведению бизнеса в мировом сообществе, который стал известен как «социальное предпринимательство».

Цель исследования – проанализировать развитие социального предпринимательства в зарубежных странах и Республике Беларусь, выделить наиболее эффективные подходы к статистическому измерению его динамики и формам институциональной поддержки, определить особенности статистики и институтов в отечественной практике, разработать реко-

ABSTRACT

SOCIAL ENTREPRENEURSHIP, INSTITUTIONAL SUPPORT FOR SOCIAL ENTREPRENEURSHIP, DEVELOPMENT, STATISTICAL ASSESSMENT

The article presents an analytical review of statistical data on the development of social entrepreneurship in world practice, defines the institutional framework for the activities of social entrepreneurship entities in certain countries of Europe and Asia. The study made it possible to provide a statistical assessment of the activities of social entrepreneurship in the Republic of Belarus and to offer recommendations for the formation of a high-quality statistical base on the development of social entrepreneurship in the country and its institutional support, taking into account the positive foreign experience and identified national characteristics.

* E-mail: Kristina-zhavrnk@rambler.ru (K. Krayenkova)

мендации для содействия развитию социального предпринимательства в национальной практике.

Объект исследования: статистические данные о деятельности социального предпринимательства в мировой и национальной практике.

Для достижения поставленной цели исследования был проанализирован международный опыт формирования статистических данных о субъектах социального предпринимательства и определен контур их рамок институциональной поддержки; была дана статистическая оценка деятельности социального предпринимательства в Республике Беларусь и предложены рекомендации для формирования базы для их оценки.

ВВЕДЕНИЕ

Социальное предпринимательство стремительно развивается в последнее десятилетие. Существующие государственные, благотворительные, бизнес-структуры в одиночку не справляются с важными проблемами современного мира: изменение климата, старение населения, неравенство, рост безработицы, увеличение численности социально незащищенных слоев населения. Заметную роль в решении данных проблем играет социальное предпринимательство, поэтому его поддержка и развитие необходимы для каждого государства. Деятельность субъектов социального предпринимательства вносит вклад в развитие регионального сообщества, решая социальные проблемы и стремясь к получению прибыли. Однако отсутствие статистических данных законодательного регулирования в ряде стран приводит к отставанию теоретических исследований над эмпирическими и негативно влияет на развитие экосистемы социального предпринимательства и институционального закрепления его правового статуса в отдельных странах.

Задачами настоящего исследования являются:

- анализ зарубежного опыта формирования статистических данных о развитии социального предпринимательства;
- систематизация форм институциональной поддержки деятельности субъектов социально-

го предпринимательства в отдельных странах Европы и Азии;

- статистическая оценка деятельности социального предпринимательства в Республике Беларусь;

- разработка рекомендаций для формирования статистической базы о развитии социального предпринимательства в Беларуси и его институциональной поддержки с учетом позитивного зарубежного опыта и выявленных национальных особенностей.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Современная социально-экономическая динамика и глобализация наряду с позитивными процессами вызывают угрозы специфического характера, что обуславливает предпосылки развития различных форм ведения бизнеса, в том числе социального предпринимательства.

Изучением направлений развития социального предпринимательства занимается ограниченный круг международных ассоциаций и агентств, что объясняется разными причинами. Во-первых, социальное предпринимательство стало активно развиваться только во второй половине XX века в Америке и Западной Европе. В других регионах мира становления данного вида деятельности датируются более поздним временным периодом. Во-вторых, отсутствие институционального оформления деятельности субъектов социального предпринимательства

приводит к ограниченности получаемой информации и сложности проведения различных исследований. Несмотря на приведенные аргументы, на международном уровне ряд компаний занимается изучением института социального предпринимательства с различных аспектов его развития. В качестве наиболее продвинутых организаций можно выделить следующие:

- Global Social Entrepreneurship Network¹ (GSEN) – глобальная сеть организаций, поддерживающих молодых социальных предпринимателей. Цель – исследование глобальной поддержки социальных предпринимателей;

- Thomson Reuters² (TR) – медиакомпания, одной из сфер деятельности которой является изучение рейтингов компаний по различным аспектам, в том числе по развитию социального предпринимательства;

- Global Entrepreneurship Monitor³ (GEM) – сетевой консорциум национальных команд, который с помощью опросов проводит исследования в области предпринимательства и предпринимательских экосистем по всему миру;

- SEFORIS⁴ – междисциплинарная исследовательская программа, финансируемая Европейской комиссией, которая исследует потенциал социального предпринимательства Европейского Союза и за его пределами для повышения инклюзивности общества за счет более активного взаимодействия с заинтересованными сторонами, продвижения гражданского капитализма и изменений в предоставлении социальных услуг;

- Social Traders⁵ – независимая некоммерческая компания с ограниченной ответственностью, функционирующая в Австралии. Компания работает с представителями бизнеса и правительства, чтобы повысить экономический результат от деятельности субъектов социального

предпринимательства и добиться положительных результатов от их деятельности для общества;

- REVES⁶ – Европейская сеть городов и регионов, которая освещает вопросы социальной экономики, является уникальной европейской организацией, основанной на партнерстве между местными и региональными властями и территориальными организациями социальной экономики.

Кроме международных ассоциаций и агентств, ряд зарубежных экономистов проводит исследования в области развития социального предпринимательства [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Однако источником исходных данных для анализа являются данные представленных организаций.

Согласно рейтингу, составленному агентством Thomson Reuters в кооперации с Deutsche Bank, UnLtd и the Global Social Entrepreneurship Network, стран с наилучшими условиями для функционирования субъектов социального предпринимательства⁷ было выявлено, что развитие социального предпринимательства имеет положительную тенденцию в мировом сообществе. В международном исследовательском сообществе ежегодно проводятся мониторинги в области развития социального предпринимательства и его импакт-инвестирования, реализации социальных инициатив и поддержки отдельных слоев общества, оказавшихся в трудных условиях.

Согласно статистическим данным, полученным социологами и экономистами GEM, к наиболее распространенным видам деятельности в мире в социальном предпринимательстве можно отнести социальное обеспечение, спорт и досуг, образование, искусство и культура, финансы и страхование (рисунок 1). Данное исследова-

¹ <http://www.gsen.global/>

² <https://www.thomsonreuters.com/en.html>

³ <https://www.gemconsortium.org/>

⁴ <http://www.seforis.eu/>

⁵ <https://www.socialtraders.com.au/>

⁶ <http://www.revesnetwork.eu/>

⁷ Исследование проводилось в 45 странах с крупнейшими экономиками (по рейтингу Всемирного Банка) на основании мнения 900 экспертов, режим доступа: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://media.rsp.ru/document/1/9/f/9f8fdc4f4d8bd30cb0c31a29333cc835.pdf&gws_rd=cr&dcr=0&ei=jbbHWtDkNZLcwQLynKqYCA#4, (дата доступа: 09.10.2020)

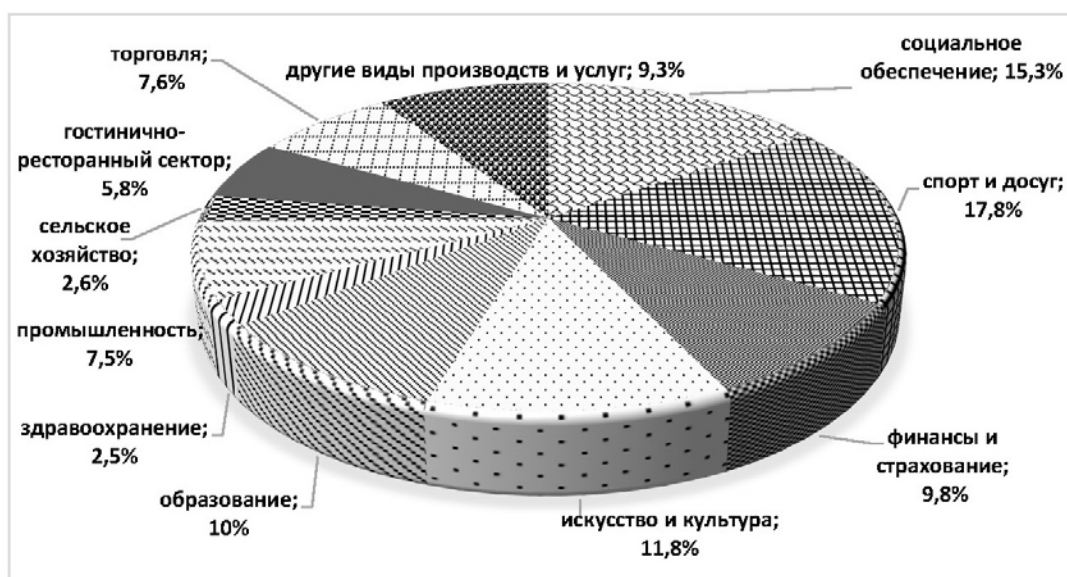


Рисунок 1 – Распределение по видам деятельности субъектов социального предпринимательства, %⁸

ние носит международный статус, что расширяет его масштабы и позволяет провести оценку тенденций развития социального предпринимательства в рамках всего мира, так и в разрезе континентов, регионов или отдельных стран.

Виды деятельности субъектов социального предпринимательства достаточно разнообразны. Наибольший удельный вес в структуре видов деятельности занимают спорт и досуг (17,8 %), социальное обеспечение (15,3 %), искусство и культура (11,8 %). Наименьший удельный

вес занимают здравоохранение (2,5 %) и сельское хозяйство (2,6 %).

Наибольший прогресс в области изучения деятельности субъектов социального предпринимательства был достигнут GEM при оценке их активности (оценка производилась по 5-балльной шкале и оценивалась по выделенным критериям) (рисунок 2).

Как видно, у Северной Америки самый высокий уровень активности социальных предпринимателей (4,3). За Северной Америкой следуют

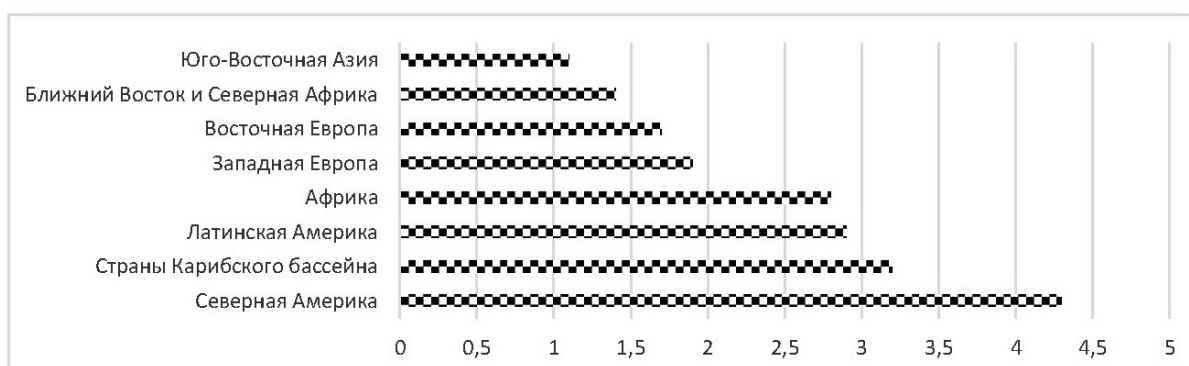


Рисунок 2 – Уровень активности социальных предпринимателей по регионам мира, баллы⁸

⁸ Global Entrepreneurship Monitor: <https://www.gemconsortium.org/report/gem-2019-2020-global-report>

три развивающихся региона – Страны Карибского бассейна (3,2), Латинская Америка (2,9) и Африка (2,8), которые в среднем опережают по уровню активности социальных предпринимателей из Восточной и Западной Европы (1,9 и 1,7). Самые низкие по активности социальные предприниматели – на Ближнем Востоке, в

Северной Африке (1,4) и азиатском регионе (1,1).

Исследовательский консорциум SEFORIS в 2018 г. проанализировал среднюю продолжительность деятельности субъектов социального предпринимательства в отдельных странах мира (рисунок 3) и среднесписочную численность сотрудников (рисунок 4).

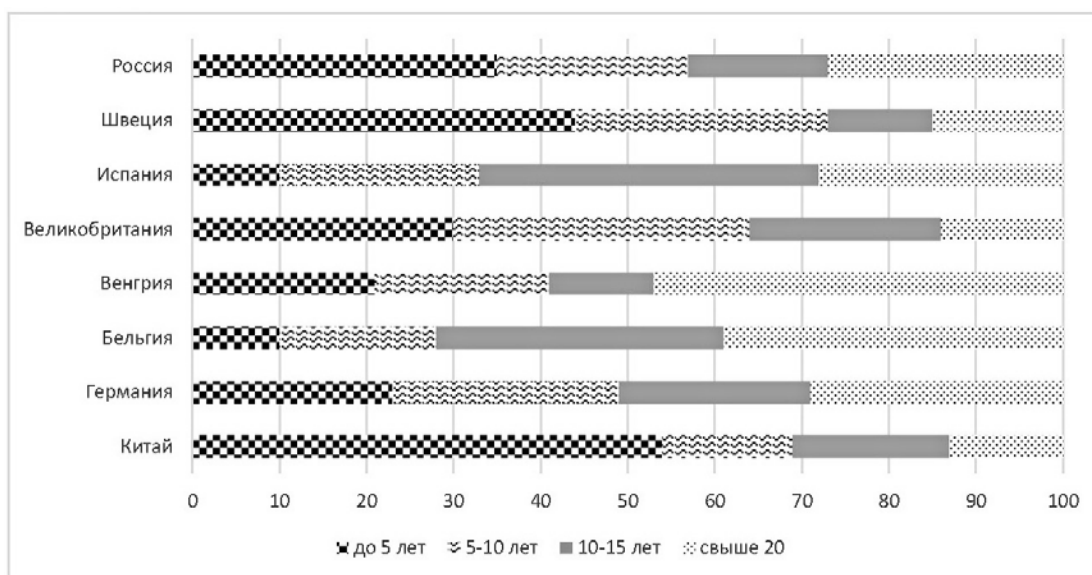


Рисунок 3 – Группировка субъектов социального предпринимательства по средней продолжительности деятельности, %⁹

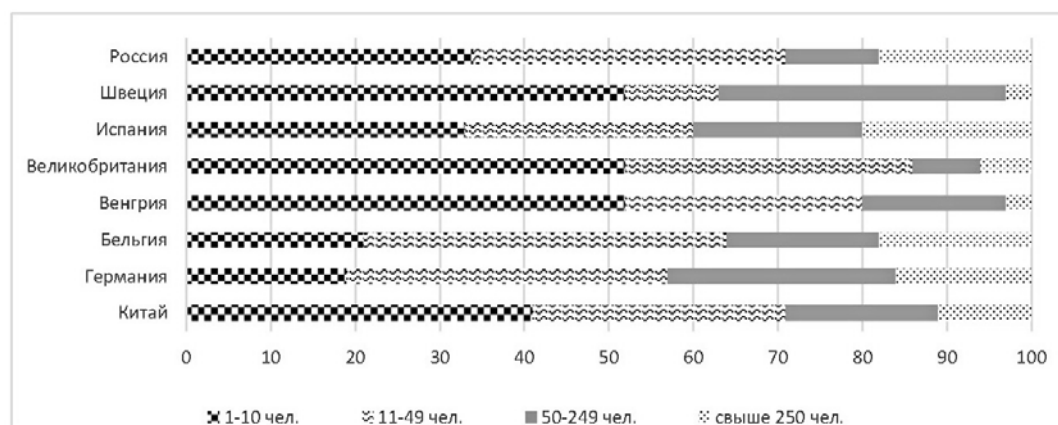


Рисунок 4 – Группировка субъектов социального предпринимательства по среднесписочной численности занятых, %⁹

⁹ The State of Social Entrepreneurship – Key Facts and Figures: https://static1.squarespace.com/static/56d2eebbb654f9329ddb20e/t/5773e728e58c62bc646f0535/1467213610336/1_Key_Facts_and_Figures_of_Social_Entrepreneurship.pdf

В Венгрии (47 %), Бельгии (39 %) и Германии (29 %) большинство организаций работают свыше 20 лет. Наибольший удельный вес организаций, работающих менее 5 лет, наблюдается в таких странах, как Китай (54 %), Россия (35 %), Великобритания (30 %). В Испании (39 %) и Бельгии (33 %) более 30 % занимают организации, которые работают от 10 до 15 лет, в Великобритании (30 %) и Швеции (44 %), которые работают 5–10 лет.

Во всех организациях, кроме Германии и Бельгии, наибольший удельный вес занимают микроорганизации (среднесписочная численность не превышает 10 чел.). Значительный удельный вес малых организаций из числа субъектов социального предпринимательства наблюдается в каждой стране, кроме Швеции. Меньше всего среди субъектов социального предпринимательства встречается средних и крупных компаний.

Некоторые ассоциации проводят оценку экономической составляющей деятельности субъектов социального предпринимательства. В 2018 г. Social Traders дана оценка экономической стороны деятельности субъектов социального предпринимательства. Исследование охватило страны Северной Америки, Европейского союза, Австралии и некоторых других стран. В Европей-

ском союзе в среднем деятельность субъектов составляет 6–8 % валового внутреннего продукта (ВВП), в США значение этого показателя достигает 25–30 %, в Канаде – до 18 %. В Австралии доля в ВВП, которую приносит деятельность субъектов социального предпринимательства, составляет 2–3 %, а в Кении, например, деятельность субъектов генерирует 45 % ВВП¹⁰.

Определение социального предпринимательства включает многообразие организационных форм – от ориентированных на прибыль коммерческих предприятий, уделяющих существенное внимание решению социальных проблем, до некоммерческих организаций, занятых поиском инновационных решений насущных социальных проблем [7, с. 46].

REVES в 2018 г. в рамках Европейского союза провела исследование, в котором были классифицированы субъекты социального предпринимательства в зависимости от формы организации деятельности: некоммерческие организации (НКО), социально-ориентированные проекты (СОП), коммерческие организации (КО) (рисунок 5).

В зарубежных странах наибольший удельный вес в структуре форм принадлежит некоммерческим организациям (52 %), далее следуют ком-

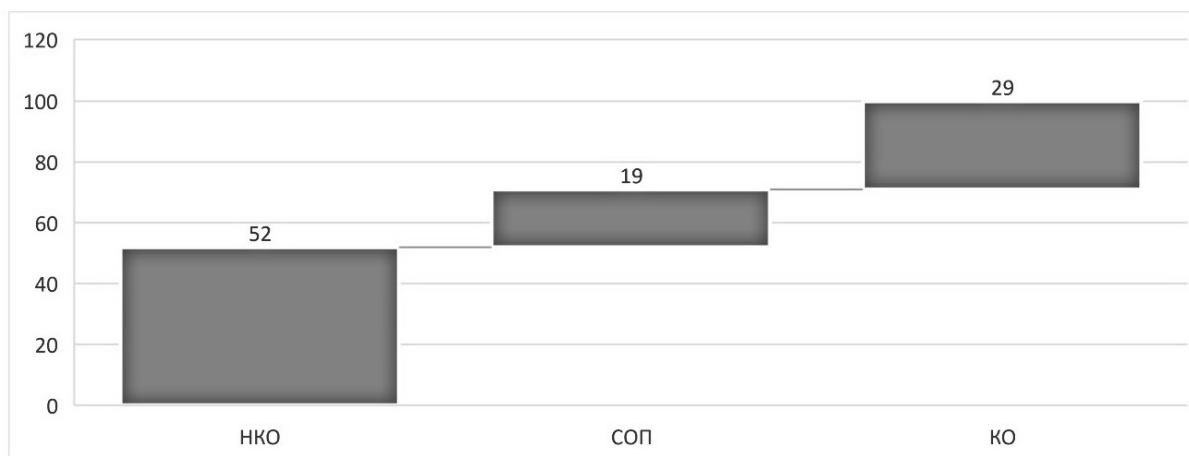


Рисунок 5 – Классификация субъектов социального предпринимательства в зависимости от формы организации деятельности, %¹¹

¹⁰ <https://www.socialtraders.com.au/business-government/social-enterprise-community>

¹¹ https://reves.site.ined.fr/en/resources/reves-bibliography/reves_bibliography/

мерческие организации (29 %) и социально-ориентированные организации (19 %).

Следует отметить, что проводимые исследования не отражают институционального оформления деятельности субъектов социального предпринимательства в отдельных странах. Это

не дает полной картины о субъектах социального предпринимательства, так как в различных странах их деятельность регулируется разным уровнем государственной поддержки, имеет определенные принципы организации и функционирования (таблица 1).

Таблица 1 – Институциональные рамки субъектов социального предпринимательства в отдельных странах

Страны	Утвержден закон	Утвержден отдельный статус субъектов	Наличие инфраструктурной поддержки	Наличие системы сертификации	Наличие льгот и преференций
1	2	3	4	5	6
Австрия	нет	нет	более 5 программ развития 1 краудфандинговый проект 3 консалтинговых учреждения 1 информационная платформа	нет	частично (для отдельных категорий граждан)
Беларусь	нет (есть проект закона)	нет	3 конкурсных/краудфандинговых проекта 2 консалтинговых учреждения 4 информационных проекта	нет	частично (для отдельных категорий граждан)
Бельгия	нет	да	2 конкурсных проекта 2 информационные платформы	нет	да
Великобритания	да	да	9 конкурсных/краудфандинговых проектов 4 программы развития 6 консалтинговых учреждений 3 информационные платформы	да	да
Германия	да	да	более 7 конкурсных/краудфандинговых проектов 3 программы развития 2 консалтинговых учреждения 5 информационных платформ	частично	да
Дания	нет	да	2 конкурсных/краудфандинговых проекта 2 информационные платформы	нет	частично (для отдельных категорий граждан)
Италия	да	да	более 5 конкурсных/краудфандинговых проектов 5 программы развития 3 консалтинговых учреждения 3 информационных платформы	нет	частично (для отдельных видов деятельности)
Китай	да	да	4 конкурсных/краудфандинговых проекта 6 консалтинговых учреждений 7 информационных платформ	нет	да

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Корея	да	да	1 конкурсный/краудфандинговый проект 1 консалтинговое учреждение 5 информационных платформ	да	да
Латвия	да	да	2 конкурсных/краудфандинговых проекта 3 консалтинговых учреждения 1 информационная платформа	да	да
Литва	да	да	3 конкурсных/краудфандинговых проекта 2 консалтинговых учреждения 2 информационные платформы	нет	да
Люксембург	нет (есть проект закона)	да	3 конкурсных/краудфандинговых проекта 3 консалтинговых учреждения 4 информационные платформы	нет	да
Мальта	нет (есть проект закона)	нет	2 конкурсных/краудфандинговых проекта 2 программы развития 3 консалтинговых учреждения 1 информационная платформа	нет	да
Норвегия	да	нет	2 конкурсных/краудфандинговых проекта 3 консалтинговых учреждения 3 информационные платформы	да	да
Россия	да	да	6 конкурсных/краудфандинговых проектов 2 программы развития 8 консалтинговых учреждений 3 информационные платформы	да	да
Словения	да	да	2 конкурсных/краудфандинговых проекта 3 консалтинговых учреждения 2 информационные платформы	нет	да
Тайланд	да	да	4 конкурсных/краудфандинговых проекта 3 программы развития 6 консалтинговых учреждений 7 информационных платформ	нет	да
Украина	нет	нет	2 конкурсных/краудфандинговых проекта 2 консалтинговых учреждения 6 информационных платформ	нет	частично (для отдельных категорий граждан)
Швейцария	нет	нет	1 конкурсный/краудфандинговый проект 2 консалтинговых учреждения 2 информационные платформы	нет	частично (для отдельных категорий граждан)
Швеция	да	нет	3 конкурсных/краудфандинговых проекта 3 консалтинговых учреждения 1 информационная платформа	частично	нет
Эстония	да	нет	5 конкурсных/краудфандинговых проекта 5 консалтинговых учреждений 4 информационные платформы	да	да

Источник: собственная разработка автора.

Развитие социального предпринимательства в мировой практике поддерживается институциональным закреплением через правовое регулирование юридического статуса субъектов социального предпринимательства, разработку законодательных актов в области их функционирования. Например, в Финляндии, Литве, Латвии, Бельгии, Дании, Словении, статус социального предпринимательства закреплён юридически, где указаны границы, сферы и принципы деятельности социального предпринимательства. В Люксембурге и на Мальте утверждён проект закона по развитию и поддержке социального предпринимательства. В других странах Европейского союза функционируют адаптированные кооперативы и частные компании, которые позиционируют себя как субъекты социального предпринимательства. Однако в большинстве стран отсутствуют нормативно-правовые акты регулирования деятельности субъектов социального предпринимательства, что способствует снижению интенсивности их развития. Например, в Швейцарии и Австрии отсутствие нормативно-правовых актов регулирования привело к недостаточному информированию об их деятельности и отрицательно сказывается на становлении института социального предпринимательства.

Следует отметить, что из 21 страны, вошедшей в список, 62 % процента стран имеют утверждённый закон в области социального предпринимательства, при этом наличие определенных льгот

и преференций утверждены практически во всех изученных странах (95 %) (рисунок 6).

Повышенный интерес к социальному предпринимательству способствовал развитию инфраструктурной поддержки субъектов социального предпринимательства. В каждой из представленных стран следует отметить наличие инфраструктурной поддержки, которая представлена информационными, краудфандинговыми и консалтинговыми платформами.

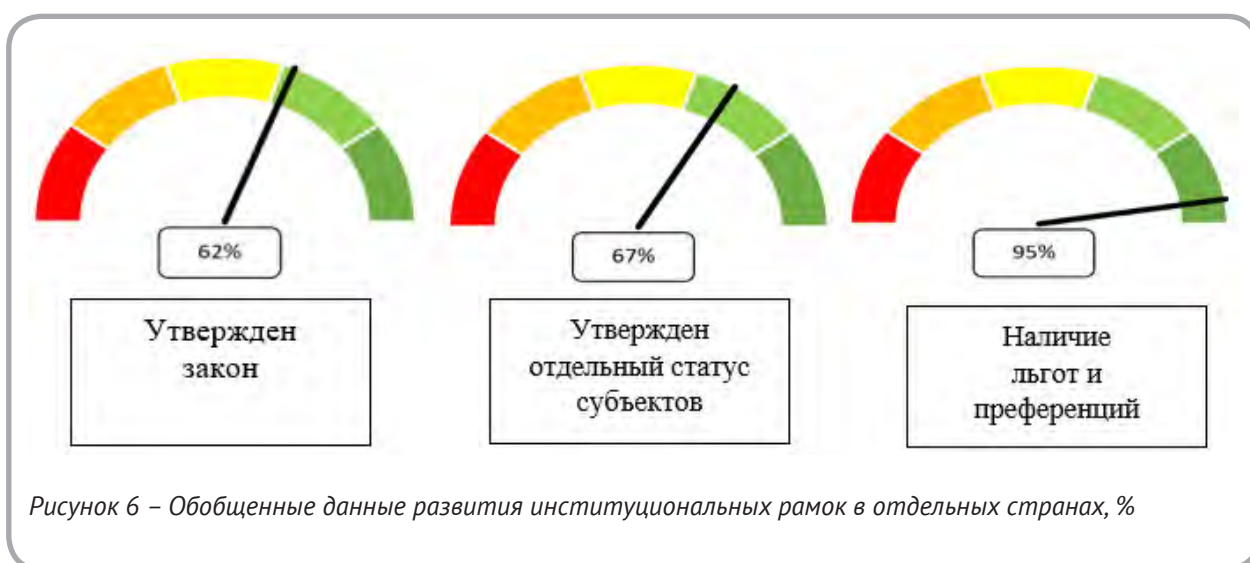
Вывод:

- ряд международных компаний занимается изучением института социального предпринимательства с различных аспектов его развития, но ограниченность данных о деятельности субъектов социального предпринимательства является главным барьером в проведении более масштабных и глубоких исследований;

- определение институциональных рамок деятельности субъектов социального предпринимательства в отдельных странах Европы и Азии позволило сделать вывод о становлении социального предпринимательства и оценить степень его развития с разных аспектов: нормативно-правовом, инфраструктурном и др.

СОЦИАЛЬНОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: ЦИФРЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В Республике Беларусь взаимодействие международного сектора социального предпринимательства с национальным является достаточно слабым. В 2015 г. в Республике Беларусь ОДБ



«Брюссель»¹² совместно с поддержкой Федерального правительства Германии провела мониторинг субъектов хозяйствования, по результатам исследования которого составлен каталог субъектов социального предпринимательства, включающий 184 организации. По состоянию на 2020 г. это остается самым масштабным исследованием института социального предпринимательства на территории Республики Беларусь. Кроме ОДБ «Брюссель» в стране следует отметить активность еще двух организаций, которые занимаются статистическим изучением института социального предпринимательства:

– Консалтинговое учреждение «Социальные технологии бизнеса»¹³ – некоммерческая организация, целью деятельности которой является содействие созданию и развитию субъектов социального предпринимательства и деловых инициатив, направленных на удовлетворение актуальных потребностей социально уязвимых категорий населения;

– Научно-исследовательский институт труда Министерства труда и социальной защиты населения¹⁴ – государственная бюджетная научная организация, целью деятельности которой является проведение научных исследований и разработок в сфере социально-трудовых отношений.

Консалтинговое учреждение «Социальные технологии бизнеса» в 2018 г. запустило проект «Вовлечение женщин и молодежи Беларуси в социальное предпринимательство путем продвижения общественной пользы социального бизнеса» (совместный проект с Эстонской сетью социальных предпринимателей (ESEN)¹⁵). В рамках данного проекта проанализирована деятельность субъектов социального предпринимательства в Республике Беларусь, дана статистическая оценка отдельных аспектов деятельности.

Научно-исследовательский институт труда Министерства труда и социальной защиты населения в 2017–2018 гг. выполнял задания ГПНИ «Экономика и гуманитарное развитие белорусского общества» на тему «Разработка теорети-

ко-методологических подходов и прикладных инструментов управления человеческими ресурсами в современной организации», направленное на первичный сбор информации о социальном предпринимательстве в стране. В 2018 г. был запущен проект по разработке Концепции Закона Республики Беларусь «О социальном предпринимательстве в Республике Беларусь», который включает в себя цели и задачи, определение сущности социального предпринимательства, оценку предложений заинтересованных государственных органов и иных организаций, обзор деятельности субъектов социального предпринимательства.

Отсутствие специализированных организаций, которые занимаются изучением социального предпринимательства, ограничивает возможность реализации международного сотрудничества в сфере исследований по изучению зарубежного опыта становления социального предпринимательства и утверждение его института в национальной практике. Данный факт подтверждает актуальность и необходимость проведения статистических исследований в данной области.

В Республике Беларусь изучение сущности социального предпринимательства учеными и практиками осуществляется с использованием двух подходов. Первая группа авторов занимается непосредственно изучением развития социального предпринимательства [8, 9], вторая – делает акцент на объекты социального предпринимательства [10, 11, 12, 13], изучая поведение социально незащищенных слоев населения на рынке труда.

Подробное изучение исследований в области социального предпринимательства зарубежных и отечественных ученых и практиков способствовало возможности проведения автором попытки оценки деятельности субъектов социального предпринимательства с точки зрения динамики их численности, предпочитаемых форм организации деятельности, оценки возрастного и среднесписочного состава. Данные

¹² <http://www.by.odb-office.eu/>

¹³ <http://www.info@sbt-consult.by>

¹⁴ <http://www.instlab.by>

¹⁵ <https://sev.ee/ru/1689-2>

исследования являются базой для формирования экосистемы социального предпринимательства¹⁶. Фундаментом для статистической оценки деятельности субъектов в Республике Беларусь может служить составленный каталог субъектов социального предпринимательства и также персональные данные субъектов.

Статистическая оценка деятельности экономических агентов в Республике Беларусь была проведена в период с 2018 г. по март 2020 г. и позволила дополнить составленный каталог субъектов социального предпринимательства

ОДБ «Брюссель» до 221 организации (рисунок 7).

В рамках работы субъекты социального предпринимательства сгруппированы по видам экономической деятельности, включая разделение на производство и услуги [14, с. 90]. Виды экономической деятельности субъектов социального предпринимательства в сфере производства в Республике Беларусь достаточно многообразны и представлены на рисунке 8, число субъектов составило 97 ед. Наиболее распространённый вид деятельности в производстве – трикотажно-

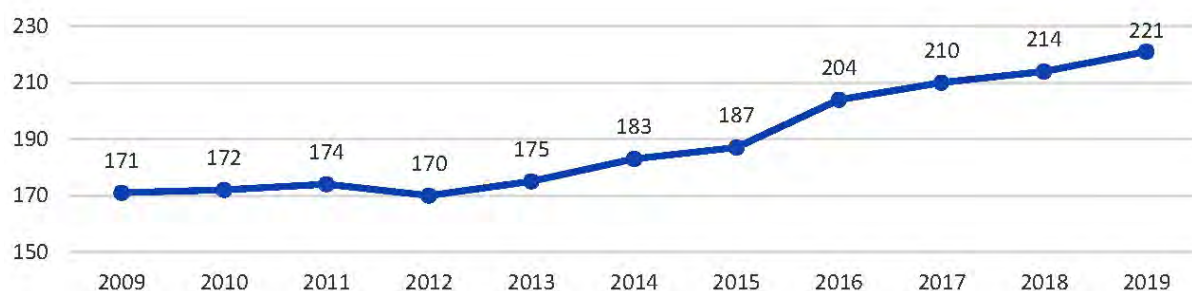


Рисунок 7 – Динамика численности субъектов социального предпринимательства в Республике Беларусь

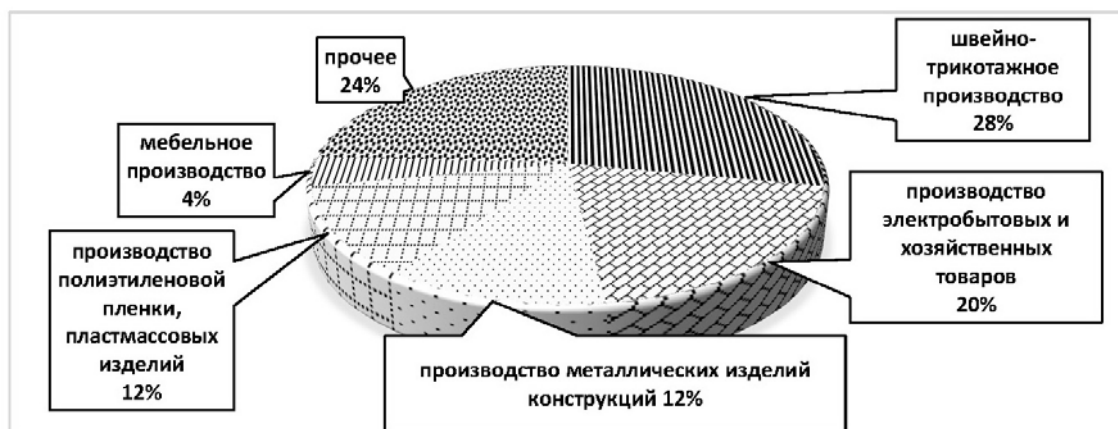


Рисунок 8 – Распределение по видам деятельности субъектов социального предпринимательства в сфере производства, в %

¹⁶ Экосистема социального предпринимательства – это экономическое сообщество взаимосвязанных субъектов и институтов, выступающих катализатором взаимодействия участников через материальную и нематериальную составляющую, с целью создания благоприятной среды для работы и жизнедеятельности социально незащищенных слоев населения

швейное производство и производство электро-бытовых и хозяйственных товаров, на их долю приходится около 50 % субъектов социального предпринимательства.

Производство металлических изделий, конструкций и производство полиэтиленовой пленки, пластмассовых изделий занимают по 12 %, производство мебели – 4 %. Оставшиеся 24 % приходится на виды производства, удельный вес которых в общей структуре видов деятельности составляют менее 3 %.

Рынок услуг субъектов социального предпринимательства представлен 124 организациями. В каталог внесены организации, входящие в общественные объединения для людей с ограниченными возможностями, и частные компании, деятельность которых направлена на выполнение различных социальных задач (рисунок 9).

Оценка основных видов услуг выявила, что 40 % из них приходится на строительно-монтажные работы, 15 % – на организацию отдыха и оздоровления, 13 % – на оказание услуг по электрофизическим измерениям и электромонтажу.

В Республике Беларусь при организации деятельности субъекта хозяйствования используют следующие организационно-правовые формы с образованием юридического лица: унитарное предприятие (УП), общество с ограниченной ответственностью (ООО), общество с дополнительной ответственностью (ОДО), открытое акционерное общество (ОАО), закрытое акционерное

общество (ЗАО), без образования юридического лица: индивидуальное предпринимательство (ИП) и ремесленничество.

Наиболее распространенным видом организационно-правовой формы являются унитарные предприятия, численность которых составила 124 организации, наименее часто встречаемая форма – открытые акционерные общества (4 организации) (рисунок 10).

Особый интерес при изучении деятельности субъектов социального предпринимательства представляет распределение субъектов социального предпринимательства по способу организации деятельности. В мировой практике различают некоммерческие организации, социально-ориентированные проекты, классические субъекты хозяйствования. В Республике Беларусь субъекты социального предпринимательства осуществляют свою деятельность через социально-ориентированные проекты и через создание субъектов хозяйствования (рисунок 11).

Из 221 организации 14 организованы как социально ориентированные проекты, которые созданы для решения конкретной социальной проблемы и при ее успешном завершении проект либо закрывают, либо ставится новая приоритетная задача. Эти организации зарегистрированы в качестве индивидуальных предпринимателей (5 ед.) и обществ с ограниченной ответственностью (9 ед.). Наиболее распространенный вид организации деятельности субъектов социаль-

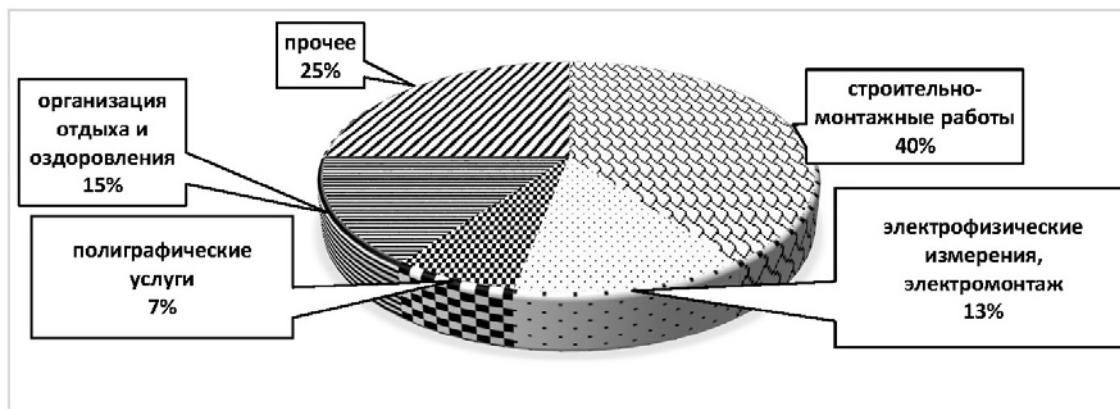


Рисунок 9 – Распределение по видам деятельности субъектов социального предпринимательства в сфере услуг, %

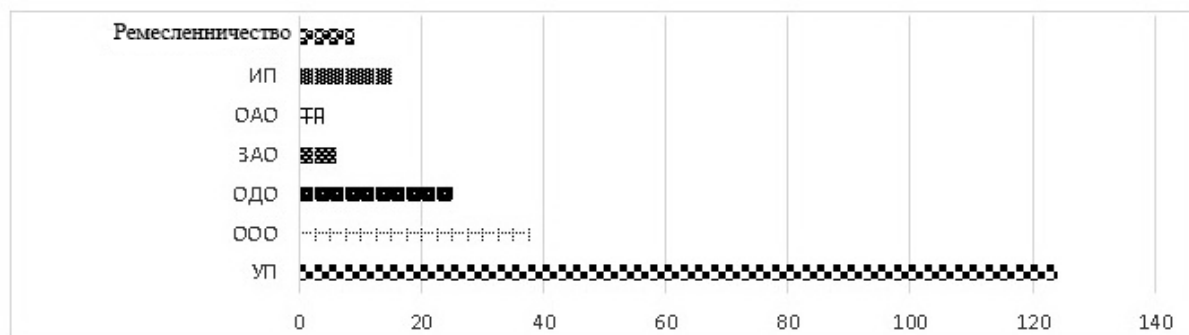


Рисунок 10 – Группировка субъектов социального предпринимательства по организационно-правовой деятельности, ед.

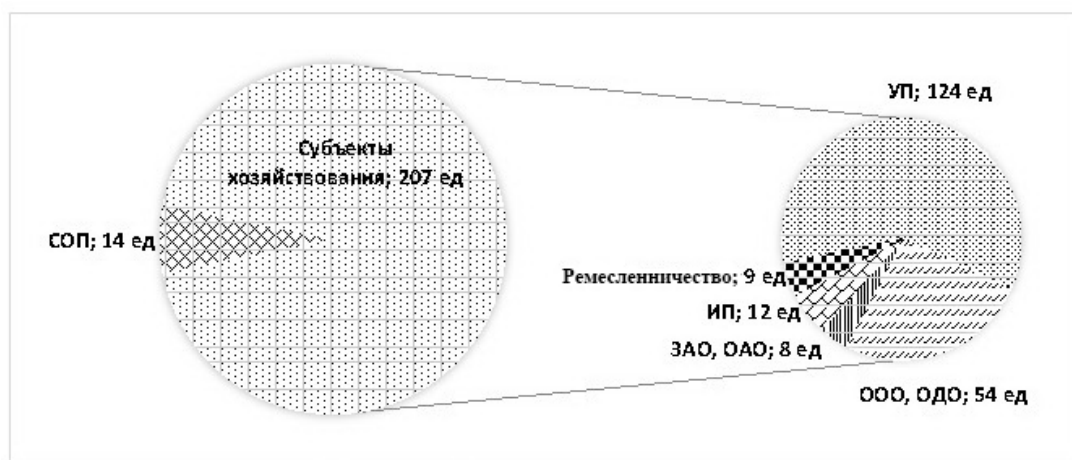


Рисунок 11 – Распределение субъектов социального предпринимательства в зависимости от формы организации деятельности, ед.

ного предпринимательства – образование традиционных субъектов хозяйствования (207 ед.).

Средняя продолжительность деятельности субъектов социального предпринимательства в Республике Беларусь составляет более 20 лет (рисунок 12). Это связано с появлением организаций, которые создавали рабочие места для лиц с ограниченными возможностями с середины 70-х годов. Специализированные коммерческие организации функционируют в настоящее время на территории страны (например, УП «Светоприбор», УП «Светотехника» и другие организации,

входящие в общественные объединения «Белорусское общество инвалидов» и «Белорусское общество инвалидов по зрению»).

Вместе с тем наблюдается активный рост числа субъектов социального предпринимательства в последнее пятилетие, что говорит о важности решения вопросов развития данного сектора экономики.

Составленный каталог позволил разделить субъекты социального предпринимательства на микроорганизации, малые, средние и крупные организации¹⁷ (рисунок 13).

¹⁷ Классификация произведена по критериям, установленным Законом Республики Беларусь от 1 июля 2010 года «О поддержке малого и среднего предпринимательства» (последние изменения и дополнения Закон Республики Беларусь от 30 декабря 2015 г. № 344-З)

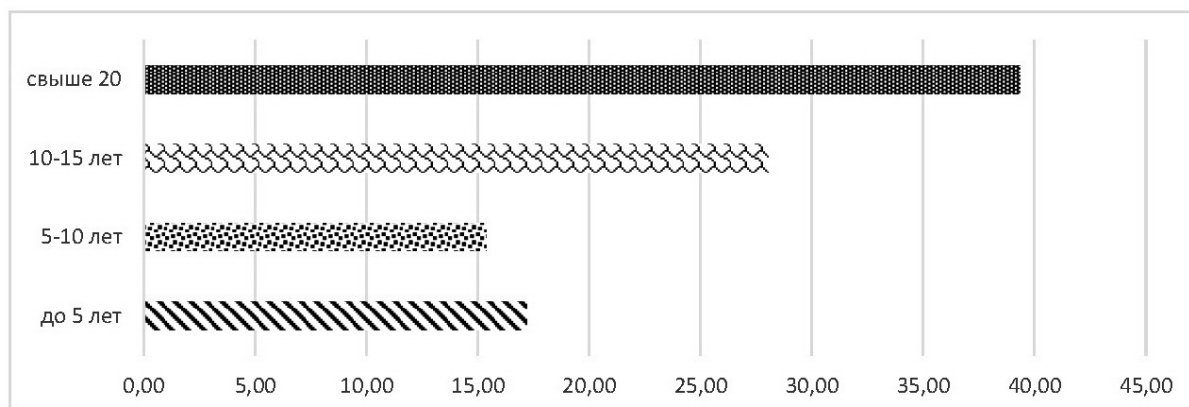


Рисунок 12 – Группировка субъектов социального предпринимательства по средней продолжительности деятельности, %

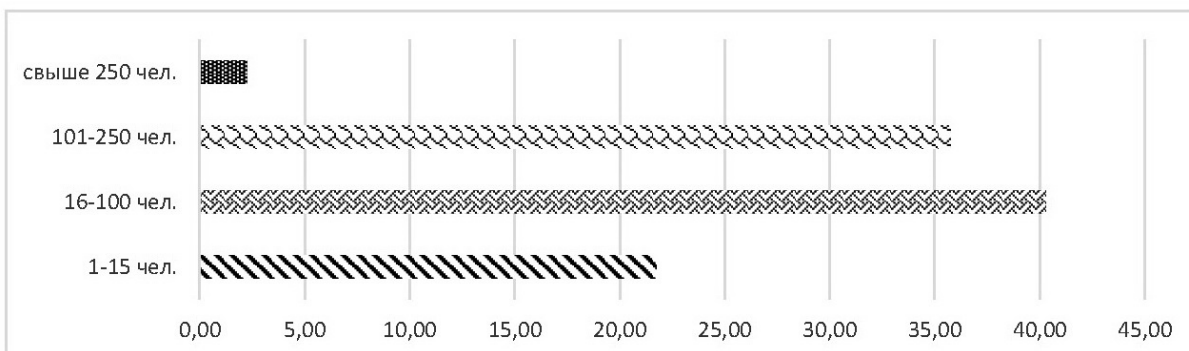


Рисунок 13 – Группировка субъектов социального предпринимательства по среднесписочной численности занятых, %

Наибольший удельный вес в структуре субъектов предпринимательства занимают малые организации (40,27 %) и средние (35,75 %). Субъекты хозяйствования, которые функционируют более 10 лет на рынке страны, как правило, носят статус субъектов среднего предпринимательства. Вновь созданные представители социального предпринимательства организуют свою деятельность как малые или микроорганизации.

Необходимо отметить, что несмотря на отсутствие законодательной базы в вопросах регулирования деятельности субъектов социального предпринимательства третий сектор экономики активно развивается и масштабируется на территории страны. Это подтверждает необходимость выработки согласованных мер законода-

тельного регулирования деятельности субъектов социального предпринимательства для формирования полноценно функционирующей экосистемы, как субъектов социального предпринимательства, так и всего предпринимательства в целом, так как в национальной практике вопросам создания экосистемы социального предпринимательства уделяется незначительное внимание, в отличие от зарубежной практики [15–18].

В качестве рекомендаций для формирования статистической базы о развитии социального предпринимательства в Беларуси и его институциональной поддержки можно выделить следующие:

- формирование нормативно-правового поля;

- создание контролирующего, координирующего и консультирующего органа;
- совершенствование экономических условий для субъектов социального предпринимательства;
- внедрение системы унифицированной отчетности для субъектов социального предпринимательства для контроля за их деятельностью;
- формирование информационного взаимодействия всех заинтересованных сторон.

Реализация представленных направлений позволит организовать работу единого информационного портала субъектов социального предпринимательства, который станет пространством:

- для обмена информацией между субъектами социального предпринимательства и стейкхолдерами;
- для получения объективной статистической информации с целью проведения исследований о развитии социального предпринимательства.

Вывод:

- каталог, составленный ОДБ «Брюссель» совместно с поддержкой Федерального правительства Германии, стал эмпирической основой для изучения деятельности субъектов социального предпринимательства и базисом для статистического измерения отдельных аспектов их деятельности. Однако динамичность развития данного сектора экономики требует постоянного дополнения каталога для получения актуальной информации;
- разнообразие видов деятельности, в которых задействованы субъекты социального предпринимательства, положительная динамика роста их количества свидетельствуют о развитии данного сектора экономики;
- отсутствие институционального оформления деятельности субъектов социального предпринимательства в Республике Беларусь, недостаток специализированных исследовательских организаций приводит к замедлению формирования экосистемы социального предпринимательства;
- представленные рекомендации позволяют сформировать фундамент для создания статистической базы о развитии социального предпринимательства в Республике Беларусь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Социальное предпринимательство в мировой и национальной практике отличается высоким динамизмом, что характеризуется определенным уровнем продвижения. Однако дефицит совместной согласованной работы международных исследовательских организаций, отсутствие во многих странах мира отдельного статуса «субъект социального предпринимательства» и единых методов распространения идей и принципов социального предпринимательства среди стейкхолдеров и общества в целом приводят к необходимости институционального закрепления данного сектора в мировой экономике, в том числе и в Республике Беларусь.

Представленные цифры и факты в статье позволяют утверждать, что социальное предпринимательство в международной и национальной практике достаточно активно развивается и имеет ряд схожих черт:

- наличие инфраструктурной поддержки субъектов социального предпринимательства, которая представлена информационными, краудфандинговыми и консалтинговыми платформами;
- более развитый рынок услуг над сферой производства;
- приоритет при организации деятельности предоставляется малым компаниям с численностью до 50 чел.

К главным отличительным особенностям развития института социального предпринимательства в национальной практике можно отнести:

- отсутствие отдельного статуса и системы сертификации для субъектов социального предпринимательства;
- недоступность статистических данных в Беларуси, что затрудняет сравнительные исследования с другими странами и регионами;
- приоритет коммерческих организаций в структуре социального предпринимательства в Республике Беларусь по сравнению с некоммерческими образованиями.

Таким образом, решением проблемы становления института социального предпринимательства в Республике Беларусь может стать активное формирование его экосистемы, разработка направлений развития с использованием положительного международного опыта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Battilana, J., Lee, M. (2014), Advancing research on hybrid organizing -insights from the study of social enterprises, *The Academy of Management Annals*, 2014, volume 8, issue 1, p. 397–441.
2. Bosma, N., Schott, T., Terjesen, S., Kew, P. (2017), Global Entrepreneurship Monitor 2015 to 2016: *Special Topic Report on Social Entrepreneurship*. Papers.ssrn.com., 2017, режим доступа: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2786949.
3. Fernández-Laviada, A., López-Gutiérrez, C., Pérez, A. (2020), How Does the Development of the Social Enterprise Sector Affect Entrepreneurial Behavior? An Empirical Analysis, *Sustainability*, 2020, 12, [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/su12030826>.
4. Lepoutre, J., Justo, R., Terjesen, S., Bosma, N. (2013), Designing a global standar-dized methodology for measuring social entrepreneurship activity: the Global Entrepreneurship Monitor social entrepreneurship study, *Small Business Economics*, 2013, № 3, p. 693–714.
5. Omorede, A. (2014), Exploration of motivation drivers towards social entrepreneurship, *Soc. Enterp.*, 2014, 10, p. 239–267.
6. Saebi, T., Foss, N. J., Linder, S. (2019), Social entrepreneurship research: Past achievements and future promises, *J. Manag.*, 2019, 45, p. 70–95.
7. Баринова, В. (2018), *Зарубежный опыт развития социального предпринимательства и возможность его применения в России*, Москва, Изд-во Инта Гайдара, 2018, 100 с.
8. Зайцев, В. В., Козел, Т. А., Титок, И. В. (2018), Социальное предпринимательство в Республике Беларусь и зарубежных странах: проблемы развития, *Экономический бюллетень НИЭИ Ми-*

REFERENCES

1. Battilana, J., Lee, M. (2014), Advancing research on hybrid organizing -insights from the study of social enterprises, *The Academy of Management Annals*, 2014, volume 8, issue 1, p. 397–441.
2. Bosma, N., Schott, T., Terjesen, S., Kew, P. (2017), Global Entrepreneurship Monitor 2015 to 2016: *Special Topic Report on Social Entrepreneurship*. Papers.ssrn.com., 2017, available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2786949.
3. Fernández-Laviada, A., López-Gutiérrez, C., Pérez, A. (2020), How Does the Development of the Social Enterprise Sector Affect Entrepreneurial Behavior? An Empirical Analysis, *Sustainability*, 2020, 12, available at: <https://doi.org/10.3390/su12030826>.
4. Lepoutre, J., Justo, R., Terjesen, S., Bosma, N. (2013), Designing a global standar-dized methodology for measuring social entrepreneurship activity: the Global Entrepreneurship Monitor social entrepreneurship study, *Small Business Economics*, 2013, № 3, p. 693–714.
5. Omorede, A. (2014), Exploration of motivation drivers towards social entrepreneurship, *Soc. Enterp.*, 2014, 10, p. 239–267.
6. Saebi, T., Foss, N. J., Linder, S. (2019), Social entrepreneurship research: Past achievements and future promises, *J. Manag.*, 2019, 45, p. 70–95.
7. Barinova, V. (2018), *Zarubezhnyj opyt razvitiya social'nogo predprinimatel'stva i vozmozhnost' ego primeneniya v Rossii* [Foreign experience in the development of social entrepreneurship and the possibility of its application in Russia], Moscow, Publishing house of Institute Gaidar, 2018, 100 p.
8. Zaitsev, V. V., Kozel, T. A., Titok, I. V. (2018), Social

- нистерства экономики Республики Беларусь, № 9, С. 47–58.
9. Краенкова, К. И. (2019), Регулирование деятельности субъектов социального предпринимательства: мировой опыт и национальные перспективы, *Вестник БГЭУ*, 2019, № 3, С. 24–33.
 10. Симхович, В. А., Данилова, Е. А., Романова, С. П. (2011), *Социальная ответственность современного белорусского бизнеса*, Минск: фонд «Идея», 2011, с. 157.
 11. Ванкевич, Е. В. (1996), *Экономические проблемы становления рынка труда*, Минск: ООО «Мисанта», 1996, 68 с.
 12. Ванкевич, Е. В. (2008), *Перспективы формирования рынка труда союзного государства*, монография, Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2008, 144 с.
 13. Ванкевич, Е. В., Коробова, Е. Н. (2015), Оценка эффективности активных программ содействия занятости в регионе, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2015, № 1 (28), С. 174–185.
 14. Краенкова, К. И., Ванкевич, Е. В. (2019), Трудоустройство социально незащищенных слоев как одна из форм развития социального предпринимательства, *Будущее сферы труда глазами молодых ученых (г. Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, Международная организация труда)*, 2019, С. 88–93.
 15. Ierapetritis, D. G. (2019), Discussing the role of universities in fostering regional entrepreneurial ecosystems, *Economies* 2019, 7, p. 119–136.
 16. Malecki, Edward J. (2018), Entrepreneurship and entrepreneurial ecosystems, *Geography Compass* 12: e12359.
 17. Moore, J. (1993), Predators and prey: a new ecology of competition, *Harvard Business Review*, entrepreneurship in Belarus and foreign countries: development problems [Sotsial'noye predprinimatel'stvo v Respublike Belarus' i zarubezhnykh stranakh: problemy razvitiya], *Economic Bulletin of the Scientific Research Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus*, No. 9, pp. 47–58.
 9. Krayenkova, K. I. (2019), Regulation of the activities of social entrepreneurship entities: world experience and national perspectives [Regulirovaniye deyatel'nosti sub"yektov sotsial'nogo predprinimatel'stva: mirovoy opyt i natsional'nyye perspektivy], *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta – Vestnik of the Belarusian State Economic University*, 2019, № 3, P. 24–33.
 10. Simkhovich, V. A., Danilova, E. A., Romanova, S. P. (2011), *Social'naya otvetstvennost' sovremennogo belorusskogo biznesa* [Social responsibility of modern Belarusian business], Minsk: Idea Foundation, 2011, p. 157
 11. Vankevich, A. V. (1996), *Ekonomicheskie problemy stanovleniya rynka truda* [Economic problems of the formation of the labor market], Minsk: LLC "Misanta", 1996, 68 p.
 12. Vankevich, A. V. (2008), *Perspektivy formirovaniya rynka truda soyuznogo gosudarstva* [Prospects for the formation of the labor market of the union state], monograph, Vitebsk: Vitebsk State Technological University, 2008, 144 p.
 13. Vankevich, E. V., Korobova, E. N. (2015), Evaluation of the effectiveness of active programs to promote employment in the region [Ocenka effektivnosti aktivnykh programm sodejstviya zanyatosti v regione], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of the Vitebsk State Technological University*, 2015, № 1 (28), pp. 174–185.
 14. Krayenkova, K. I., Vankevich, A. V. (2019), Employment of socially disadvantaged groups as one of the forms of development of social

№ 71, P. 76–86.

18. Feld, Brad (2012), *Startup Communities: Building an Entrepreneurial Ecosystem in Your City*, New York: Wiley, p. 125–141.

entrepreneurship [Trudoustrojstvo social'no nezashchishchennyh sloev kak odna iz form razvitiya social'nogo predprinimatel'stva], *The future of the world of work through the eyes of young scientists* (Moscow, Lomonosov Moscow State University, International Labor Organization), 2019, pp. 88–93.

15. Ierapetritis, D. G. (2019), Discussing the role of universities in fostering regional entrepreneurial ecosystems, *Economies* 2019, 7, p. 119–136.

16. Malecki, Edward J. (2018), Entrepreneurship and entrepreneurial ecosystems, *Geography Compass* 12: e12359.

17. Moore, J. (1993), Predators and prey: a new ecology of competition, *Harvard Business Review*, № 71, P. 76–86.

18. Feld, Brad (2012), *Startup Communities: Building an Entrepreneurial Ecosystem in Your City*, New York: Wiley, p. 125–141.

Статья поступила в редакцию 19. 11. 2020 г.

МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СТАРТАП-ПРОЕКТА В СРЕДЕ ТП MS EXCEL В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ БИЗНЕС-СТРАТЕГИИ

METHODS AND TOOLS FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS AND SENSITIVITY OF A STARTUP PROJECT IN THE MS EXCEL ENVIRONMENT IN THE CONTEXT OF DEVELOPING A BUSINESS STRATEGY

УДК 334

Г.А. Яшева*, Е.Ю. Вардомацкая

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13918>

G. Yasheva*, E. Vardomatskaya

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

СТАРТАП, СТАРТАП-ПРОЕКТ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА, СРЕДА ТП MS EXCEL, БИЗНЕС-РЕШЕНИЕ, БИЗНЕС-СТРАТЕГИЯ, АЛГОРИТМЫ И МЕТОДЫ, ИНСТРУМЕНТАРИЙ, ИНВЕСТИЦИИ, ЧИСТЫЙ ДИСКОНТИРОВАННЫЙ ДОХОД, СРОК ОКУПАЕМОСТИ, ИНДЕКС РЕНТАБЕЛЬНОСТИ, ВНУТРЕННЯЯ НОРМА ДОХОДНОСТИ

Цель исследования – разработать методы и инструментарий оценки эффективности и чувствительности стартап-проекта в среде ТП MS Excel.

Научное значение состоит в разработке программного приложения, позволяющего в интерактивном режиме не только давать оценку эффективности стартап-проекта, но и определить критические значения факторов для оперативной корректировки бизнес-стратегии.

Практическое значение заключается в возможности использования методов и алгоритмов субъектами хозяйствования Республики Беларусь, центрами поддержки предпринимателей, ассоциациями предпринимателей, венчурными компаниями, администрацией свободных экономических зон, банками и финансовыми организациями, предоставляющими кредит для стартапов для принятия решений по инвестированию.

Основные результаты. Анализ развития стартап-движения в Республике Беларусь свидетельствует о невысоком уровне использования ИКТ в принятии бизнес-решений. В целях диджитализации бизнес-решений для стартапов проведена

ABSTRACT

STARTUP, STARTUP PROJECT, EFFICIENCY, PROJECT SENSITIVITY, TP MS EXCEL ENVIRONMENT, BUSINESS SOLUTION, BUSINESS STRATEGY, ALGORITHMS AND METHODS, TOOLS, INVESTMENTS, NET PRESENT VALUE, PAYBACK PERIOD, PROFITABILITY INDEX, INTERNAL RATE OF RETURN

The purpose of the study is to develop methods and tools for assessing the effectiveness and sensitivity of a startup project in the MS Excel environment.

The scientific significance lies in the development of a software application that allows, in an interactive mode, not only to assess the effectiveness of a startup project, but also to determine the critical values of factors for the prompt adjustment of a business strategy.

The practical value lies in the possibility of using methods and algorithms by businesses of the Republic of Belarus, business support centers, business associations, venture capital companies, the administration of free economic zones, banks and financial organizations that provide loans to startups to make investment decisions.

Main results. An analysis of the development of the start-up movement in the Republic of Belarus indicates a low level of ICT use in business decision-making. In order to digitalize business solutions for startups, the systematization of mathematical methods and tools used in assessing business performance was carried out. It was revealed that dynamic models are most suitable for assessing the effectiveness of startups and assessing the sensitivity of the project. As a result of

* E-mail: gala-ya@list.ru (G. Yasheva)

систематизация математических методов и инструментов, используемых в оценке эффективности бизнеса. Выявлено, что для оценки эффективности стартапов и оценки чувствительности проекта наиболее подходят динамические модели. В результате анализа программных комплексов для расчета показателей эффективности бизнес-проектов выбраны программные приложения, разработанные на базе ТП MS Excel, которые имеют ряд преимуществ: просты в использовании, экономичны и комфортны в работе, не требуют обучения персонала.

Разработана методика оценки эффективности стартапа в среде ТП MS Excel, которая включает этапы: выбор показателей оценки эффективности стартапа; определение исходных данных; расчет базовых значений показателей эффективности стартапа на основе разработанного программного приложения; анализ чувствительности критериев эффективности стартап-проекта. Апробация приложения проводилась на примере стартап-проекта организации виртуальной эко-фермы «i-ФерМир». В результате расчетов определено, что проект является эффективным. Выявлены критические изменения факторов и даны рекомендации по корректировке бизнес-стратегии.

the analysis of software systems for calculating the performance indicators of business projects, software applications developed on the basis of MS Excel were selected, which have a number of advantages: easy to use, economical and comfortable to work with, no training required.

A methodology for assessing the effectiveness of a startup in the MS Excel environment has been developed, which includes the following stages: selection of indicators for assessing the effectiveness of a startup; definition of initial data; calculation of baseline values of startup performance indicators based on the developed software application; analysis of the sensitivity of criteria for the effectiveness of a startup project. The application was tested on the example of a startup project for organizing a virtual eco-farm "i-FerMir". As a result of calculations, it was determined that the project is effective. Critical changes in factors are identified and recommendations for adjusting the business strategy are given.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях нынешнего состояния внешней среды – спада деловой активности и стагнации многих экономик мира из-за пандемии Covid-19, развитие стартап-движения стимулирует инновационный инклюзивный рост страны. Стартапы встраиваются в глобальные цепочки ценностей, в региональные кластеры, тем самым содействуют занятости и созданию новых рабочих мест [9]. Модель бизнеса стартапа основана на создании инновационного продукта, поэтому для обеспечения новых акселераторов роста экономики Республики Беларусь целесообразно стимулировать развитие инновационного предпринимательства и стартап-движения. Поддержка стартап-движения в Беларуси является одним из важнейших инструментов развития инновационного предпринимательства. В Государственной программе инновационного развития Республи-

ки Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденной указом Президента Республики Беларусь от 31 января 2017 года № 31, содержится комплекс мер по развитию стартап-движения. В тоже время в Беларуси отмечается низкий уровень инновационности малого и среднего бизнеса – всего 3,52 % [3, с. 33]. Тогда как международные сравнения свидетельствуют о большей активности в зарубежных странах: Бельгия – 39,8 %, Греция – 39,4 %, Германия – 36,8 %, Ирландия – 34,5 %, Норвегия – 47,9 %, Финляндия – 48,5 % [3, с. 33–34]. Удельный вес отгруженной инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции малых организаций обрабатывающей промышленности в Республике Беларусь за период 2015–2019 гг. возрос с 0,9 % до 1,4 % [3, с. 33]. Но эта доля инновационной продукции очень низка и не свидетельствует об инновационной активности в малом бизнесе Беларуси.

Особенность стартапов – низкий уровень выживаемости бизнеса. Так, по оценке Startup Genome Report, закрываются 92 % запущенных стартапов, 74 % интернет-стартапов из-за преждевременного масштабирования, увеличения штата компании [3]. Половина стартапов закрываются в течение первых пяти лет, и это характерно для всех секторов. Это означает, что на старте бизнеса у любого предпринимателя и инвестора, ставшего его партнером, риски максимальны [6]. Стартапы связаны с инвестиционным риском, и поэтому необходимо оценить эффективность инвестиций и чувствительность критериев эффективности к изменениям факторов внешней среды. Расчеты показателей эффективности инвестиций и чувствительности технически трудоемки, базируются на достаточно сложном математическом аппарате. Поэтому в условиях цифровизации всех бизнес-процессов возникает потребность автоматизировать эти расчеты.

Недостаточное использование потенциала **ИКТ** сдерживает рост эффективности стартапов, снижает стабильность и выживаемость. Повышение активности и вклада инновационного бизнеса в инновационный рост страны зависит от многих факторов, среди которых важным в настоящее время является ресурс **ИКТ**.

Исследованию вопросов бизнес-планирования посвящены работы ученых: В.С. Алиева, Р.Абрамса, Р.П. Валевиц, А.А. Гладкого, В.Л. Горбунова, В.А. Горемыкина, Т.Н. Джакубовой, И.А. Дубровина, В. Лосева, П.И. Орловой, С.В. Петухова, В.З. Черняка, Г.Г. Чараевой и других.

Вопросы организации стартапов рассмотрены в работах ученых и практиков, таких как Питер Тиль, Тони Шей, Эрик Рис, Гай Кавасаки, Мишель Морено, Стив Бланк, Боб Дорф и др.

Математические модели и методы математического моделирования в экономике изучали такие ученые, как Е.Е. Слуцкий, А.А. Конюс, Л.В. Конторович, В.В. Леонтьев, чьи работы перекликались с научными исследованиями Р. Харрода, Е. Домара, Ф. Рамсея, А. Вальда, Дж. фон Неймана, Дж. Хикса и др.

Вместе с тем еще недостаточно разработаны простые методы и алгоритмы оценки эффективности стартап-проекта в среде ТП MS Excel и оценки чувствительности проекта для принятия

бизнес-решений стартаперами.

Таким образом, значимость стартапов для инновационного развития экономики, низкий уровень выживаемости бизнеса, тренд усиления использования **ИКТ** во всех бизнес-процессах и востребованность IT-инструментов, неразработанность простых в использовании алгоритмов и методов оценки эффективности и чувствительности стартап-проекта для принятия бизнес-решений стартаперами предопределили цель и задачи исследования.

Цель исследования – разработать методы и инструментарий оценки эффективности и чувствительности стартап-проекта в среде ТП MS Excel.

Задачи:

- провести систематизацию математических методов и инструментов, используемых в оценке эффективности бизнеса;
- выполнить анализ программных комплексов для расчета показателей эффективности бизнес-проектов;
- разработать методику оценки эффективности стартапа в среде ТП MS Excel и провести ее апробацию;
- разработать алгоритм оценки чувствительности стартап-проекта и рекомендации по его использованию в принятии бизнес-решений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании использовались: научная современная отечественная и зарубежная литература, электронные ресурсы, посвященные математическим методам и инструментам для оценки эффективности бизнеса. Основные методы изучения эмпирического и теоретического характера: анализ, синтез, абстрагирование, обобщение, индукция, дедукция, классификация. В процессе исследования были изучены следующие экономико-математические модели и методы: статические, динамические, имитационные, методы принятия решений в условиях неопределенности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Систематизация математических методов и инструментов, используемых в оценке эффективности бизнеса

Цель финансирования каждого стартапа – не только выйти на точку безубыточности, но и по-

лучить максимальную прибыль от инвестиции. Поэтому, прежде чем принять то или иное инвестиционное решение, необходимо всесторонне изучить, проанализировать и оценить эффективность вложений в тот или иной проект, то есть выполнить финансовую (коммерческую) оценку выгодности инвестиционных проектов.

В зависимости от специфики стартапа и полноты исходных данных оценка эффективности инвестиционного проекта может выполняться на основании разных методов [5, 7, 10] (рисунок 1).

Каждый из приведенных методов имеет свои преимущества и недостатки и подходят для решения разных экономических задач. Например, имитационные методы математического моделирования используются при планировании инвестиций, когда невозможно с достаточной степенью точности предположить реальную величину будущих доходов и оценить величину рисков. Для достижения цели настоящего исследования – разработки методов оценки эффективности стартапов и оценки чувствительности

проекта, проведен сравнительный анализ математических методов по следующим критериям:

- простота в использовании;
- возможность применения стандартного пакета прикладных программ;
- вариативность показателей;
- дисконтирование показателей;
- универсальность.

В наибольшей степени этим критериям удовлетворяет динамический метод, который имеет следующие преимущества для оценки эффективности инвестиционных проектов:

- 1) учет фактора времени;
- 2) учет временной стоимости денег;
- 3) использование в расчетах ожидаемых значений величины будущих доходов;
- 4) учет рисков.

На основе именно динамических моделей, то есть моделей, реализующих динамический метод оценки эффективности стартап-проектов, с достаточной степенью точности определяются реальные потоки расходов и доходов, рассчи-



Рисунок 1 – Классификация методов оценки инвестиционного проекта

Источник: собственная разработка авторов.

тываются показатели эффективности инвестиционного проекта. В любом случае процесс создания и реализации инвестиционного проекта является динамическим процессом, поскольку в качестве переменных используются дисконтируемые и планируемые финансовые показатели инвестиционного проекта, а также параметры, характеризующие внешнюю экономическую среду, такие как характеристика рынков сбыта, инфляция, проценты по кредитам и др.

Анализ программных комплексов для расчета показателей эффективности бизнес-проектов

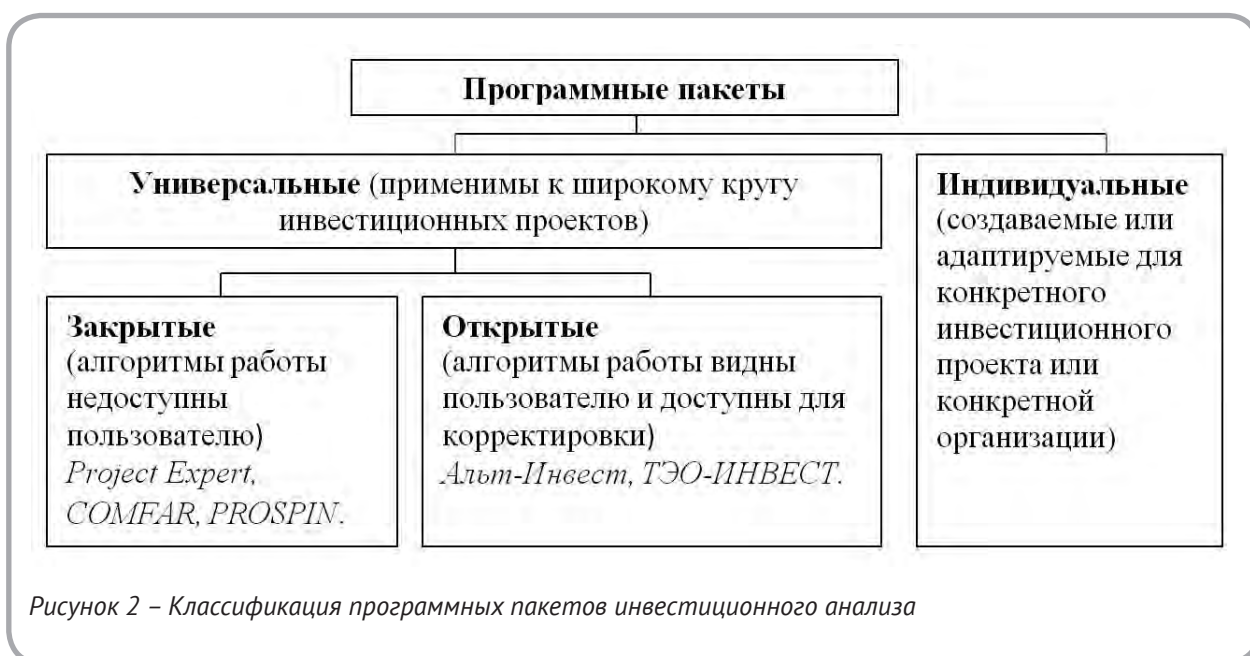
Цифровая экономика расширяет возможность применения современных информационно-компьютерных технологий в анализе эффективности бизнеса, что позволяет облегчить и ускорить процесс расчета основных показателей, а также представить результаты анализа. В этих целях могут использоваться следующие инструменты:

- языки программирования высокого уровня (Delphi, C++, C#);
- библиотеки расширений специализированных математических пакетов (Maple, Mathematica, Mathcad, Matlab и др.);
- универсальные электронные таблицы – табличный процессор MS Excel (далее – ТП MS Excel);

– специализированные программные пакеты (ПП) инвестиционного анализа, классификация которых представлена на рисунке 2.

Использование языков программирования, специальных библиотек финансового анализа или симуляторов имитационных моделей систем компьютерной математики требует от пользователя не только знаний в области финансового анализа, но, прежде всего, профессиональной подготовки в области математики и программирования. А это означает, что разработкой и поддержкой такого приложения должен заниматься специально выделенный сотрудник определенной квалификации.

Привлечение инвестиций не должно зависеть от конкретного программного продукта, с помощью которого выполнялись расчеты. Результат должен быть одинаковый, независимо от инструментария анализа. В частности, все специализированные программные продукты для анализа инвестиционных проектов поддерживают и общие подходы и примерно одинаковую методику расчета. Поэтому такие пакеты могут использоваться как вспомогательные инструменты, каждый из которых применим в конкретной ситуации. Сегодня функциональные возможности последних версий пакетов для расчетов инвестиционных проектов находятся пример-



Источник: на основе [7].

но на одном уровне. Немаловажным фактором при выборе пакета является и его цена (для большинства пакетов инвестиционного анализа она составляет от \$500 до \$2500).

Основными критериями выбора инструментария для стартапера являются: простота (возможность использования без привлечения программиста); низкая цена; доступность, универсальность. Анализ программных комплексов по этим критериям показал, что для оценки эффективности инвестиций стартапер может использовать табличный процессор (ТП) MS Excel, входящий в семейство MS Office.

Явным преимуществом этого программного продукта является доступность, удобство интерфейса, возможность, даже не будучи программистом, проследить логику формирования результатов из исходных данных, свободно ориентироваться в методике и расчетных таблицах. Большое количество встроенных функций обеспечивает возможность проведения как простых, так и достаточно сложных финансово-аналитических расчетов, моделирующих различные варианты инвестиционной деятельности. Технологии макропрограммирования, поддерживаемые всеми программными приложениями MS Office, позволяют автоматизировать любые расчеты. Программные приложения, разработанные на базе ТП MS Excel, понятны в использовании, экономичны и комфортны в работе. При этом не нужно вкладывать дополнительные средства на приобретение специализированных программ и обучение персонала.

Методика оценки эффективности стартапа в среде ТП MS Excel и ее апробация

В соответствии с методологией бизнес-планирования [4, 8, 10] предлагается методика (алгоритм) оценки эффективности стартапа (программное приложение), включающая следующие этапы реализации.

Этап 1. Выбор показателей оценки эффективности стартапа. Показатели оценки эффективности бизнес-проекта определены в соответствии с нормативным документом по бизнес-планированию – Постановлением Министерства экономики Республики Беларусь от 31 августа 2005 г. №158 «Об утверждении правил по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов» [4]:

1) чистый дисконтированный доход (**ЧДД**);

2) индекс рентабельности инвестиций (**ИР**);

3) динамический срок окупаемости (**Ток**);

4) внутренняя норма доходности (**ВНД**);

5) чувствительность стартап-проекта.

Этап 2. Определение исходных данных. На основе простых вычислений финансового плана по каждому отдельному стартапу рассчитывают следующие показатели:

1) размер начальной инвестиции в стартап (единовременные затраты на приобретение и установку основных средств; на регистрацию и оформление бизнеса, получение лицензий, маркетинг и др.);

2) горизонт расчета (определяется как срок окупаемости плюс 1 год) [4];

3) норма дисконта (принимается на уровне ставки рефинансирования Национального банка или фактической ставки процента по долгосрочным кредитам банка. Может добавляться поправка на риск от 5 до 25 %) [4];

4) текущие затраты на производство и реализацию продукта по годам реализации проекта (затраты калькулируются по элементам затрат) [4].

Этап 3. Расчет базовых значений показателей эффективности стартапа. Расчет осуществляется в среде ТП MS Excel на основе разработанного программного приложения. Стартовое окно приложения представлено на рисунке 3.

Для моделирования расчета каждого из четырех показателей инвестиционного проекта разработаны соответствующие модули, размещенные на отдельных листах рабочей книги MS Excel и обеспечивающие выполнение операций ввода исходных данных, а также расчета соответствующего показателя эффективности стартапа и формулировки выводов по результатам. Механизм заполнения таблиц данными и расчета критериев эффективности автоматизирован средствами системы сквозной адресации ячеек с элементами макропрограммирования. Для реализации вычислений составлены формулы с использованием встроенных функций: финансовой, статистической, логической и математической категорий. Для навигации между модулями приложения разработаны элементы управления и система гиперссылок.

Этап 4. Анализ чувствительности критериев эффективности стартап-проекта.

Показатели эффективности стартап-проекта

Чистый дисконтированный доход

Индекс рентабельности инвестиций

Динамический срок окупаемости

Внутренняя норма доходности

Чувствительность проекта



Рисунок 3 – Стартовое окно программного приложения

Источник: собственная разработка авторов.

Для анализа чувствительности стартап-проектов разработан алгоритм, включающий следующие действия.

1. Расчет показателей эффективности: чистого дисконтированного дохода (**ЧДД**), индекса рентабельности (**ИР**), динамического срока окупаемости (**Ток**) при изменении следующих факторов:

- увеличение затрат на производство и реализацию продукции (работ, услуг);
- увеличение объема начальных инвестиций в стартап;
- снижение объемов реализации (выручки от реализации).

2. Анализ показателей чувствительности, характеризующих чувствительность проекта по каждому из факторов.

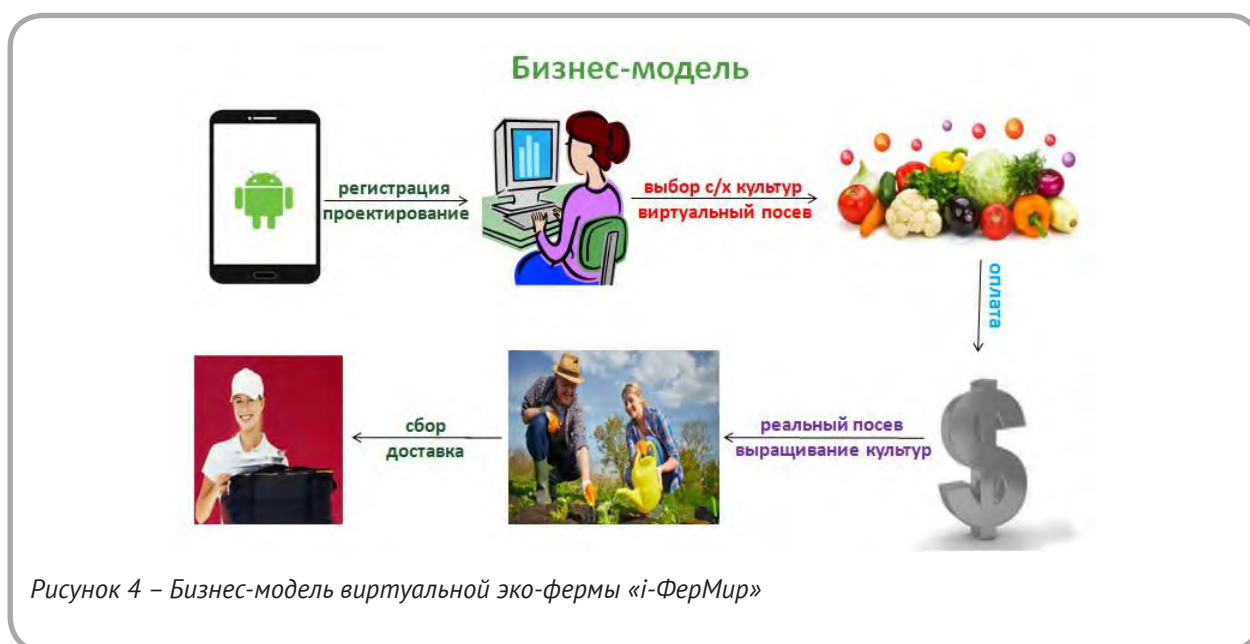
Шаблоны таблиц с формулами в ячейках для автоматизации расчетов чувствительности критериев эффективности стартап-проекта к изменению базовых показателей проекта представлены в модуле «Анализ чувствительности» в разработанном авторами приложении. При вводе в таблицы-шаблоны разных вариантов значений исходных данных – размера начальной инвестиции, денежных потоков – с помощью составленных формул и встроенных функций категории «Финансовые» рассчитываются значения

основных показателей эффективности инвестиционного стартап-проекта. Варьируя исходные значения названных выше факторов (начальной инвестиции, объема реализации и затрат на производство), можно в интерактивном режиме получить и оценить значения чистого дисконтированного дохода, индекса рентабельности и динамического срока окупаемости рассматриваемого стартапа.

Апробация методики оценки эффективности стартапа в среде ТП MS Excel

Апробация приложения проводилась на примере стартап-проекта организации виртуальной эко-фермы «i-ФерМир», авторы: Миронова Екатерина, студентка Витебского технологического университета, руководитель – д.э.н., профессор Яшева Г.А. Этот проект занял 1 место в Международном молодежном конкурсе научных, научно-практических и творческих работ «Горизонт-2100» в номинации «Будущее на рубеже 2100 года» (г. Москва, июль 2020 г.) [1].

Проект представляет собой мобильное приложение, с помощью которого пользователи могут вырастить и собрать реальный урожай овощей и фруктов. Бизнес-модель виртуальной эко-фермы «i-ФерМир» представлена на рисунке 4.



Источник: собственная разработка авторов.

Бизнес-продукт по созданию виртуальной фермы предоставляет собой пакет следующих услуг:

- покупка приложения для проектирования собственного для клиента интернет-огорода и выращивания урожая овощей. Приложение «i-ФерМир» включает в себя следующие функции:
- проектирование огорода (размер и форму грядок);
- голосовое сопровождение;
- выбор необходимых культур, посадка;
- отслеживание циклов роста урожая;
- видеонаблюдение (за дополнительную плату);
- оповещения клиента (о начале цветения, плодоношения);

– сбор и доставка урожая.

Инновационность проекта виртуальной эко-фермы «i-ФерМир» состоит в использовании IT-технологий для привлечения клиентов и для их обслуживания, а именно – использование сельскохозяйственных дронов и других беспилотников, видеокамер, цифровых платформ. Бизнес-проект – абсолютно новый для рынка Республики Беларусь, базируется на использовании IT-технологий, поэтому является стартап-проектом.

Исходные данные по стартапу виртуальной эко-фермы «i-ФерМир»:

- горизонт расчета – 3 года;
- норма дисконта (D) – 15%;
- общие инвестиционные затраты – 18000 руб. (таблица 1).

Таблица 1 – Общие инвестиционные затраты по проекту

Инвестиционные затраты	Сумма, руб.
Покупка приложения	5000
Аренда участка	6000
Благоустройство участка	2000
Закупка оборудования	5000
Итого:	18000

Источник: собственная разработка авторов.

Финансовый план стартапа представлен в таблице 2.

1. Расчет коэффициента дисконтирования стартапа. Модуль приложения, реализующий структуру представления данных для моделирования расчета коэффициента дисконтирования, представлен на рисунке 5.

Для расчета коэффициента дисконтирования записан макрос на языке VBA, использованы встроенные функции MS Excel категории «Логические» и способы относительной и абсолютной адресации ячеек. Активизация макроса осуществляется с помощью элемента управления – кнопки «Расчет К». Несмотря на то что горизонт

планирования для стартап-проектов составляет три года, приложение позволяет выполнять расчеты и на большие периоды.

Полученные для исходного набора данных коэффициенты дисконтирования (при предполагаемой норме дисконта (D) равной 15 %) показывают инвестору уровень ожидаемой доходности от произведенных инвестиций. Производя расчет, инвестор сопоставит будущую стоимость объекта, оценивая ее относительно настоящего времени.

2. Расчет чистого дисконтированного дохода ($ЧДД$) стартапа. Исходными данными для расчета $ЧДД$ являются данные о предполагаемых

Таблица 2 – Финансовый план стартапа виртуальной эко-фермы «i-ФерМир»

Наименование показателей	По периодам (сезонам/годам) реализации проекта, руб.		
	Первый год	Второй год	Третий год
Объем реализации	28000	32000	36000
НДС	5600	6400	7200
Текущие затраты	7000	6000	5000
Прибыль от реализации	15400	19600	23800
Налог на прибыль	2772	3528	4284
Чистая прибыль	12628	16072	19516

Источник: собственная разработка авторов.

С6 f_x =ЕСЛИ(B6="-";"-";1/(1+D)^B6)

Коэффициент дисконтирования (K_t)								
Год реализации проекта	Порядковый номер года	Коэффициент дисконтирования	Год начала реализации проекта	Год окончания реализации проекта	Шаг расчета	Ставка дисконтирования (норма дисконта)	Начальные инвестиции, тыс.руб.	
t	t	K_t	2020	2022	1	0,15	18,00	
2020	0	1,000						
2020	1	0,870						
2021	2	0,756						
2022	3	0,658						
-	-	-						
-	-	-						
-	-	-						

$K_t = \frac{1}{(1+D)^t}$

ЧДД

Расчет К

Выход

Рисунок 5 – Модуль расчета коэффициента дисконтирования

Источник: собственная разработка авторов.

объемах реализации и планируемых затратах за соответствующие периоды (таблица 2). Скриншот расчета **ЧДД** представлен на рисунке 6.

Анализ полученных результатов (рисунок 6) свидетельствует, что показатели чистого дисконтированного дохода (**ЧДД**) в течение первых трех лет растут. Чистый дисконтированный доход за три года **ЧДД** = 25,861 тыс. руб, что > 0. Такая ситуация говорит об эффективности инве-

стиций в стартап-проект [2].

3. Расчет индекса рентабельности (**ИР**) стартапа. Индекс рентабельности характеризует относительную результативность проекта [2]. Проект эффективен при **ИР** > 1. Расчет индекса рентабельности с применением разработанного программного приложения представлен на рисунке 7.

E5 fx =ЕСЛИ(C5="";"-";
'К-нт дисконтирования'!C6
*(ЧДД!C5-ЧДД!D5))

	A	B	C	D	E	F	G
1	Чистый дисконтированный доход (ЧДД)						
2							
3	Горизонт планирования, лет	Год реализации проекта	Объем реализации, тыс. руб.	НДС + Затраты, тыс. руб.	Чистый дисконтированный доход по годам тыс. руб.		Чистый дисконтированный доход тыс. руб.
4	5		0,000	18,000	-18,000		25,861
5		2020	28,000	12,600	13,391		
6		2021	32,000	12,400	14,820		
7		2022	36,000	12,200	15,649		
8		-			-		
9		-			-		
10					-		

$$ЧДД = \sum_{t=0}^T \frac{P_t - Z_t}{(1 + D)^t}$$

ВНЛ

Рисунок 6 – Расчет чистого дисконтированного дохода (**ЧДД**)

Источник: собственная разработка авторов.

B6 fx =ЧДД!G4/ABS(ЧДД!D4)

	A	B	C	D	E	F
1	Индекс рентабельности (ИР)					
2						
4						
5		Индекс рентабельности, ИР				
6		1,44				
7						
8						
9		Вывод:		Проект эффективен		
10						
11				Выход		

ПВИ

Рисунок 7 – Расчет индекса рентабельности (**ИР**)

Источник: собственная разработка авторов.

C7			fx		=ЕСЛИ(ЧДД!D4="-";"-"; ВСД(ЧДД!E4:E7))	
	A	B	C	D	E	F
1						
2	Внутренняя норма доходности (ВНД)					
3						
5						
6	Ставка дисконтирования (норма дисконта)		Внутренняя норма доходности	Запас прочности		
7	15,00%		59,89%	44,89%		
8						
9						
10	Инвестиции эффективны, поскольку внутренняя норма доходности инвестиций больше нормы дисконта					

Рисунок 9 – Модель расчета внутренней нормы доходности IRR

Источник: собственная разработка авторов.

принятой для расчетов (15 %). Запас прочности проекта составил 44,89 % (59,89% – 15 %), что свидетельствует об устойчивости проекта.

Анализ чувствительности стартапа. На основе динамического метода рассматриваемый в качестве примера стартап-проект виртуальной эко-фермы «i-ФерМир» был проанализирован по следующим критериям и возможным размерам изменения факторов:

- снижение объема реализации на 10 %, 20 % и 30 % к исходным значениям;
- увеличение текущих затрат на 10 %, 20 % и 30 % к исходным значениям;
- увеличение размера начальных инвестиций на 10 %, 20 % и 30 % к исходным значениям.

На рисунке 10 представлен фрагмент модуля «Чувствительность стартапа» с тремя вариантами влияния изменения значений объемов реализации на величину чистого дисконтированного дохода (ЧДД), индекса рентабельности ИР и динамического срока окупаемости проекта (Ток).

Результаты анализа чувствительности стартапа по вышеназванным критериям представлены в таблице 3. В качестве значений объема реализации и затрат на производство в базовом варианте использованы суммарные денежные

потоки за горизонт планирования.

Проведенный анализ чувствительности стартапа позволил выявить критические значения переменных факторов, при которых стартап приближается к точке безубыточности (см. таблицу 3). Выявлены критические изменения факторов:

1. Снижение объема реализации на 10 %. ЧДД = 18,639 тыс. руб. становится меньше базового варианта – 25,861 тыс. руб., ИР = 1,04 – меньше базового варианта – 1,44. Срок окупаемости Ток = 1 г. 7 мес. – больше базового варианта – 1 г. 4 мес.

2. Увеличение затрат на производство на 30 %. ЧДД снижается по сравнению с базовым случаем до 17,354 тыс. руб., ИР снижается до 0,96 и становится меньше 1, то есть проект становится не эффективным, Ток = 1 г. 8 мес. увеличивается по сравнению с базовым вариантом.

3. Увеличение стоимости начальных инвестиций на 20 %. ЧДД = 22,260 тыс. руб., ИР = 1,03, Ток = 1 г. 7 мес.

Как показал анализ, в большей степени проект чувствителен к снижению объема реализации, так как уменьшение этого фактора всего на 1 % уменьшает ЧДД проекта на 2,8 %.

Таким образом, методика анализа и оценки чувствительности стартапа, реализованная

B16		=ОКРУГЛ((B13-E13)/E13*100/10; 1)								
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Норма дисконта, %		15%								
Нач. инвестиции, тыс.руб.		18,000								
Показатель		Значения показателя			Базовый вариант					
		10,0%	20,0%	30,0%						
1. Снижение объема реализации.										
Объем реализации		25,200	22,400	19,600	28,000					
		28,800	25,600	22,400	32,000					
		32,400	28,800	25,200	36,000					
	ЧДД (NPV)	18,639	11,418	4,196	25,861					
ИР (PI)	1,04	0,63	0,23	1,44						
Т окуп	1 г. 7 мес.	2 г. 1 мес.	2 г. 6 мес.	1 г. 4 мес.						
Чувствительность ЧДД	-2,80	-2,79	-2,79							
Вывод:										
При снижении доходов на 1% NPV снижается на 2,8 %.										

1. Снижение объема реализации.					
Значения показателя					Базовый вариант
	10,0%	20,0%	30,0%		
НДС +Затраты, тыс. руб.	ЧДД по годам	ЧДД по годам	ЧДД по годам	ЧДД по годам	
12,600	10,957	8,522	6,087	13,391	
12,400	12,401	9,981	7,561	14,820	
12,200	13,282	10,915	8,548	15,649	

Период	ЧДД нар_ит	ЧДД нар_ит	ЧДД нар_ит	ЧДД нар_ит
1	-7,043	-9,478	-11,913	-4,609
2	5,357	0,503	-4,352	10,212
3	18,639	11,418	4,196	25,861
Т ок	1,57	2,04	2,51	1,31
	1 г. 7 мес.	2 г. 1 мес.	2 г. 6 мес.	1 г. 4 мес.

Рисунок 10 – Фрагмент модуля «Анализ по показателям»

Источник: собственная разработка авторов.

Таблица 3 – Результаты анализа чувствительности стартапа виртуальной эко-фермы «i-ФерМир»

Показатель	Значения показателя			Критические значения факторов	Базовый вариант
	на 10,0 %	на 20,0 %	на 30,0 %		
1. Снижение объема реализации				10–12 %:	
Объем реализации, <i>тыс. руб.</i>	86,400	76,800	67,200		96,000
ЧДД, <i>тыс. руб.</i>	18,639	11,418	4,196	18,639 <	25,861
ИР	1,04	0,63	0,23	1,04 <	1,44
Ток	1 г. 7 мес.	2 г. 1 мес.	2 г. 6 мес.	1 г. 7 мес. >	1 г. 4 мес.
Чувствительность ЧДД, %	-2,80	-2,79	-2,79		
2. Увеличение затрат на производство				28–30 %:	
Затраты на производство	40,920	44,640	48,360		37,200
ЧДД, <i>тыс. руб.</i>	23,025	20,190	17,354	17,354 <	25,861
ИР	1,28	1,12	0,96	0,96 <	1,44
Ток	1 г. 5 мес.	1 г. 6 мес.	1 г. 8 мес.	1 г. 8 мес. >	1 г. 4 мес.
Чувствительность ЧДД, %	-1,1	-1,1	-1,1		
3. Увеличение стоимости начальных инвестиций				20–22 %:	
Начальные инвестиции	19,800	21,600	23,400		18,000
ЧДД, <i>тыс. руб.</i>	24,060	22,260	20,400	22,260 <	25,861
ИР	1,22	1,03	0,87	1,03 >	1,44
Ток	1 г. 5 мес.	1 г. 7 мес.	1 г. 8 мес.	1 г. 7 мес. >	1 г. 4 мес.
Чувствительность ЧДД, %	-0,7	-0,7	-0,7		

Источник: собственная разработка авторов.

в разработанном программном приложении, позволяет в интерактивном режиме не только моделировать различные сценарии реализации проекта, но и определить критические значения факторов и тем самым способствовать разработке эффективных бизнес-решений. Для предупреждения критического значения изменения факторов стартапер может скорректировать свою бизнес-стратегию. Варианты бизнес-решений при изменении факторов могут быть следующие: оптимизация затрат на производство и реализацию продукта; активизация маркетинговых мероприятий; использование технологий диджитал маркетинга; изменение модели сбыта; использование фандрайзинга и другие.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Развитие стартап-движения является драйвером для экономики Республики Беларусь. В условиях создания цифровой экономики использование начинающими предпринимателями потенциала **ИКТ** повышает стабильность и выживаемость бизнеса, а также способствует созданию эффективных бизнес-моделей. Для стартапера важным бизнес-решением является оценка эффективности будущего бизнеса. Анализ программных комплексов по критериям: простота; низкая цена; доступность, универсальность, показал, что для оценки эффективности инвестиций стартапер может использовать табличный процессор (**ТП**) MS Excel, входящий в семейство MS Office. Разработанное для этой цели приложение MS Excel представляет собой готовый программный продукт, обеспечивающий сопряженный интерфейс с модулями динамиче-

ской модели, реализующий методику расчета основных показателей эффективности стартапа с оценкой чувствительности проекта. Предложенная методика имеет ряд преимуществ: простые в использовании алгоритмы и методы; наглядность; низкие затраты на внедрение. Методика позволяет в интерактивном режиме не только моделировать различные сценарии реализации проекта, но и определить критические значения факторов и тем самым способствовать разработке эффективных бизнес-решений.

Универсальность разработанного программного продукта заключается в том, что его можно использовать для определения критериев эффективности не только стартапов, но и бизнес-проектов с любым горизонтом планирования. Используемые программные решения позволяют в интерактивном режиме моделировать разные варианты отклонений исходных данных как при определении критериев эффективности проекта, так и при анализе чувствительности инвестиционного проекта, тем самым минимизируя возможность принятия необоснованных бизнес-решений.

Практическое значение разработок заключается в возможности их использования субъектами хозяйствования Республики Беларусь, центрами поддержки предпринимателей, ассоциациями предпринимателей, венчурными компаниями, администрацией свободных экономических зон, банками и финансовыми организациями, предоставляющими кредит для стартапов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Итоги конкурса научных, научно-исследовательских, научно-практических и научно-фантастических работ «ГОРИЗОНТ 2100»* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.futurable.space. – Дата доступа: 08.08.2020.
2. Лукасевич, И. Я. (2008), *Финансовый менеджмент: учебник для студентов*, Москва, 766 с.

REFERENCES

1. *Itogi konkursa nauchnyh, nauchno-issledovatel'skih, nauchno-prakticheskikh i nauchno-fantasticheskikh rabot «GORIZONT 2100»* [Results of the competition of scientific, research, scientific-practical and science-fiction works "HORIZONT 2100"], (2020), available at: www.futurable.space (accessed 08.08.2020).

3. *Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь. Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск, 2020* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/cdd/cddc5f3deded7b61827be4e853c40e32.pdf>. – Дата доступа: 06.09.2020.
4. *Об утверждении Правил по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов. Постановление министерства экономики Республики Беларусь 31 августа 2005 г. № 158* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=W20513184>. – Дата доступа: 20.08.2020.
5. *Оценка эффективности инвестиционных проектов* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kudainvestiruem.ru/proekt/ocenka-ehffektivnosti-investicionnyh-proektov.html>. – Дата доступа: 20.08.2020.
6. *Почему взлетает только 1 % стартапов – и это нормально* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/tehnologii/339113-pochemu-vzletaet-tolko-1-startapov-i-eto-normalno>. – Дата доступа: 20.08.2020.
7. *Сравнительный анализ программных комплексов, предназначенных для оценки инвестиционных проектов* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-programmnyh-kompleksov-prednaznachennyh-dlya-otsenki-investitsionnyh-proektov>. – Дата доступа: 02.07.2020.
8. Яшева, Г. А. (2016), *Бизнес-планирование: учебное пособие*, Витебск, 539 с.
9. Яшева, Г. А., Вайлунова, Ю. Г. (2019), Методические аспекты оценки уровня и перспектив развития интеграционных связей организации в контексте создания кластерных структур, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2019, № 1
2. Lukasevich, I. Ya. (2008), *Finansovyy menedzhment: uchebnik dlya studentov* [Financial management: a textbook for students], Moscow, 766 p.
3. *Nauka i innovatsionnaya deyatel'nost' v Respublike Belarus'. Nacional'nyj statisticheskiy komitet Respubliki Belarus', Minsk, 2020* [Science and innovation in the Republic of Belarus. National Statistical Committee of the Republic of Belarus, Minsk, 2020], available at: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/cdd/cddc5f3deded7b61827be4e853c40e32.pdf> (accessed: 06.09.2020).
4. *Ob utverzhdenii Pravil po razrabotke biznes-planov investitsionnyh projektov. Postanovlenie ministerstva ekonomiki Respubliki Belarus' 31 avgusta 2005 g. № 158* [On approval of the Rules for the development of business plans for investment projects. Resolution of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus on August 31, 2005, № 158], (2020), available at: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=W20513184> (accessed 20.08.2020).
5. *Ocenka effektivnosti investitsionnyh projektov* [Evaluation of the effectiveness of investment projects], (2020), available at: <https://kudainvestiruem.ru/proekt/ocenka-ehffektivnosti-investicionnyh-proektov.html> (accessed 20.08.2020).
6. *Pochemu vzletaet tol'ko 1 % startapov – i eto normal'no* [Why only 1% of startups take off – and that's okay], (2020), available at: <https://www.forbes.ru/tehnologii/339113-pochemu-vzletaet-tolko-1-startapov-i-eto-normalno> (accessed 20.08.2020).
7. *Sravnitel'nyj analiz programmnyh kompleksov, prednaznachennyh dlya ocenki investitsionnyh projektov* [Comparative analysis of software systems designed to evaluate investment projects], (2020), available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-programmnyh-kompleksov-prednaznachennyh-dlya-otsenki-investitsionnyh-proektov> (accessed 02.07.2020).

- (36), С. 187–204.
10. Яшева, Г. А., Вардомацкая, Е. Ю. (2014), Оценка эффективности инвестиций в табличном процессоре MS EXCEL, *Планово-экономический отдел*, 2014, № 2 (128), С. 40–53.
 11. Nadiya T. Rud, Olha I. Marchuk, Galyna A. Yasheva (2014), Cluster interaction mechanism in the formation of innovative model of region's economy, *Актуальні проблеми економіки: науковий економічний журнал*, 2014, № 12 (162), С. 281–289.
 8. Yasheva, G. A. (2016), *Biznes-planirovanie: uchebnoe posobie* [Business Planning: a Study Guide], Vitebsk, 539 p.
 9. Yasheva, G. A., Vajlunova, Yu. G. (2019), Methodological aspects of assessing the level and prospects for the development of integration relations of an organization in the context of creating cluster structures [Metodicheskie aspekty ocenki urovnya i perspektiv razvitiya integracionnyh svyazey organizacii v kontekste sozdaniya klasternyh struktur], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2019, № 1 (36), pp. 187–204.
 10. Yasheva, G. A., Vardomatskaya, E. Yu. (2014), Evaluation of the effectiveness of investments in the MS EXCEL spreadsheet processor [Ocenka effektivnosti investicij v tablichnom processore MS EXCEL], *Planovo-ekonomicheskij otdel – Planning and Economic Department*, 2014, № 2 (128), pp. 40–53.
 11. Nadiya T. Rud, Olha I. Marchuk, Galyna A. Yasheva (2014), Cluster interaction mechanism in the formation of innovative model of region's economy, *Aktual'ni problemi ekonomiki: naukovij ekonomichnij zhurnal – Actual problems of economy: scientific economic journal*, 2014, № 12 (162), pp. 281–289.

Статья поступила в редакцию 29. 09. 2020 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Азарченко Владислав Михайлович	– аспирант кафедры «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Андриянова Ольга Михайловна	– магистр экономических наук, старший преподаватель кафедры «Экономика», Витебский государственный технологический университет
Башметов Валерий Степанович	– доктор технических наук, профессор кафедры «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Беляков Николай Владимирович	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Борисова Татьяна Михайловна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви», Витебский государственный технологический университет
Братченя Лилия Олеговна	– начальник группы по качеству цеха отделки тканей, ОАО «Камволь»
Будкуте Ирина Александровна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая технология высокомолекулярных соединений», Могилевский государственный университет продовольствия
Буркин Александр Николаевич	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Вардомацкая Елена Юрьевна	– старший преподаватель кафедры «Математика и информационные технологии», Витебский государственный технологический университет
Гапонова Татьяна Андреевна	– аспирант кафедры «Товароведение и экспертиза товаров», Белорусский государственный экономический университет
Городнякова Ирина Сергеевна	– магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Химическая технология высокомолекулярных соединений», Могилевский государственный университет продовольствия
Грузневич Екатерина Сергеевна	– магистр экономических наук, старший преподаватель кафедры «Экономика», Витебский государственный технологический университет

Демидова Мария Александровна	– аспирант кафедры «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Казарновская Галина Васильевна	– кандидат технических наук, профессор кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет
Касаева Тамара Васильевна	– кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Экономика», Витебский государственный технологический университет
Козлова Мария Александровна	– студент, Витебский государственный технологический университет
Краенкова Кристина Игоревна	– магистр экономических наук, старший преподаватель кафедры «Экономика», Витебский государственный технологический университет
Латушкин Дмитрий Григорьевич	– старший преподаватель кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Лашкина Елена Витальевна	– старший преподаватель кафедры «Водоснабжение, химия и экология», Белорусский государственный университет транспорта
Махаринский Юрий Ефимович	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Милеева Екатерина Сергеевна	– магистр технических наук, аспирант кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет
Милюшкова Юлия Валерьевна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви», Витебский государственный технологический университет
Ольшанский Валерий Иосифович	– кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Парманчук Вера Владимировна	– инженер-конструктор научно-технического центра, ОАО «БЕЛАЗ» – Управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ–ХОЛДИНГ»
Пархимович Юлиана Николаевна	– магистр искусствоведения, аспирант кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет

Попок Николай Николаевич	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроительного производства», Полоцкий государственный университет
Потоцкий Василий Николаевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет
Пчелова Наталья Владимировна	– старший преподаватель кафедры «Химическая технология высокомолекулярных соединений», Могилевский государственный университет продовольствия
Радюк Анастасия Николаевна	– магистр экономических наук, ассистент кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Рыклин Дмитрий Борисович	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Садовский Виктор Васильевич	– доктор технических наук, профессор кафедры «Товароведение и экспертиза товаров», Белорусский государственный экономический университет
Скобова Наталья Викторовна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет
Сосновская Анастасия Игоревна	– магистрант кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет
Федосеев Гелий Николаевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и техническая механика», Витебский государственный технологический университет
Фурашова Светлана Леонидовна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви», Витебский государственный технологический университет
Шевцова Марина Вячеславовна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Шеремет Елена Анатольевна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет

Щербина Леонид Александрович	– кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Химическая технология высокомолекулярных соединений», Могилевский государственный университет продовольствия
Ясинская Наталья Николаевна	– кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет
Яшева Галина Артемовна	– доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономическая теория и маркетинг», Витебский государственный технологический университет

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alshanski Valeri	– Candidate of Sciences (in Engineering), Professor, Chair of the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University
Andryianova Olga	– Master of Economics, Senior Lecturer at the Department “Economy”, Vitebsk State Technological University
Azarchenko Vladislav	– Postgraduate Student at the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Bashmetau Valery	– Doctor of Science (in Engineering), Professor at the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Belyakov Nikolay	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University
Borisova Tatyana	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Design and Technology of Clothing and Footwear”, Vitebsk State Technological University
Bratchenia Liliya	– Head of the Quality Group of the Fabric Finishing Workshop, OJC «Kamvol»
Budkute Iryna	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Chemical Technology of High-Molecular Compounds”, Mogilev State University of Food Technologies
Burkin Alexander	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Demidova Mariya	– Postgraduate Student at the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Fedoseev Geliy	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Physics and Technical Mechanics”, Vitebsk State Technological University

Furashova Sviatlana	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Design and Technology of Clothing and Footwear”, Vitebsk State Technological University
Gruznevitch Kate	– Master of Economics, Senior Lecturer at the Department “Economy”, Vitebsk State Technological University
Haponava Tatsiana	– Postgraduate Student at the Department “Commodity Science and Expertise of Goods”, Belarus State Economic University
Haradniakova Iryna	– Master of Engineering, Senior Lecturer at the Department “Chemical Technology of High-Molecular Compounds”, Mogilev State University of Food Technologies
Kasayeva Tamara	– Candidate of Sciences (in Engineering), Chair of the Department “Economy”, Vitebsk State Technological University
Kazarnovskaya Galina	– Candidate of Sciences (in Engineering), Professor of the Department “Artistic Design and Fashion”, Vitebsk State Technological University
Kozlova Maria	– Student, Vitebsk State Technological University
Krayenkova Kristina	– Master of Economics, Senior Lecturer at the Department “Economy”, Vitebsk State Technological University
Lashkina Elena	– Senior Lecturer at the Department “Water Supply, Chemistry and ecology”, Belarusian State University of Transport
Latushkin Dmitry	– Senior Lecturer at the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University
Makharinsky Yuri	– Candidate of Sciences (in Engineering), Professor of the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University
Mileeva Katsirina	– Master of Engineering, Postgraduate Student at the Department “Artistic Design and Fashion”, Vitebsk State Technological University
Miliushkova Yuliya	– 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
Parmanchuk Vera	– Design Engineer of Scientific and Technical Center, OJSC «BELAZ» – Management Company of Holding «BELAZ–HOLDING»
Pchelova Natallia	– Senior Lecturer at the Department “Chemical Technology of High-Molecular Compounds”, Mogilev State University of Food Technologies
Popok Nikolay	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Polotsk State University
Potoski Vasiliy	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Radyuk Anastasia	– Master of Economics, Assistant at the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Ryklin Dzmitry	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Sadovski Victor	– Doctor of Science (in Engineering), Professor of the Department “Commodity Science and Expertise of Goods”, Belarus State Economic University
Shcherbina Leonid	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor, Chair of the Department “Chemical Technology of High-Molecular Compounds”, Mogilev State University of Food Technologies
Sheremet Elena	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Shevtsova Marina	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University

Skobova Natallia	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Sosnovskaya Anastasiya	– Master’s Student at the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Vardomatskaja Elena	– Senior Lecturer at the Department “Mathematics and Information Technology”, Vitebsk State Technological University”
Yasheva Galina	– Doctor of Science (in Economics), Professor, Chair of the Department “Economic Theory and Marketing”, 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

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 primeneniem 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), Техничко-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 подписуочную 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**

№ 2 (39)

Вёрстка **Погорельская С.И.**

Редактор **Осипова Т.А.**

Дизайн обложки **Григорьева Н.В.**

Подписано в печать 28.12.2020. Печать ризографическая. Гарнитура PT Sans. Усл. печ. листов 27,6.
Уч.-изд. листов 24,3. Формат 60х90 ¹/₈. Тираж 100 экз. Заказ № 162.

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.