

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

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

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 3 (49)

ВИТЕБСК 2024

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

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

BULLETIN

OF VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

№ 3 (49)

VITEBSK 2024

Редакционная коллегия:

Главный редактор – Кузнецов Андрей Александрович, д-р техн. наук, профессор

Заместитель главного редактора – Ванкевич Елена Васильевна, д-р экон. наук, профессор

Ответственный секретарь – Рыклин Дмитрий Борисович, д-р техн. наук, профессор

Члены редакционной коллегии

Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности

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

Химическая технология

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

Экономика

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

Журнал включен в перечень научных изданий Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, в информационно-аналитическую систему «Российский индекс научного цитирования», наукометрические базы Google Scholar, Erich Plus, Ulrich's Periodicals Directory, Open Academic Journals Index (OAJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Index Copernicus International (ICI), China National Knowledge Infrastructure (CNKI), научную электронную библиотеку «КиберЛенинка». Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72, тел.: 8-0212-49-53-38.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

Editorial Board:

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

Thematic Editors

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

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

Chemical Engineering

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

Economics

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

The journal is registered in the Belarus Higher Attestation Commission Catalogue of scientific publications on results of dissertation research, and indexed in the National information Analysis System "Russian Science Citation Index", Google Scholar, Erich Plus, Ulrich's Periodicals Directory, Open Academic Journals Index (OAJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ) academic databases, Index Copernicus International (ICI), China National Knowledge Infrastructure (CNKI), the CyberLeninka scientific electronic library.

Republic of Belarus, Vitebsk, Moscovsky pr, 72, tel.: 8-0212-49-53-38.

Certificate of State Registration of the publisher, producer, and distributor of printed media No. 1/172 issued on February 12, 2014.

Certificate of State Registration of the publisher, producer, and distributor of printed media No. 3/1497 issued on February 30, 2017.

СОДЕРЖАНИЕ

Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности

- Валиева З. Ф., Ахмедов А. А.**
Акустический прибор для определения тонины шерстяного волокна..... 9
- Милеева Е. С.**
Влияние способа соединения слоев в двухслойных тканях на их физико-механические свойства 20
- Казарновская Г. В., Пархимович Ю. Н.**
Технология получения двухсторонних тканей на базе структуры трехуточного гобелена 39
- Яснев Д. А., Рыклин Д. Б.**
Обоснование применения емкостного метода для оценки неровноты смешивания волокон в неоднородных текстильных материалах 51
- Радюк А. Н., Буркин А. Н.**
Технологические аспекты получения материалов для наружных деталей низа обуви 61

Химическая технология

- Ленько К. А., Ясинская Н. Н., Скобова Н. В.**
Разработка рационального состава полиферментной композиции в технологии биоотварки хлопчатобумажных тканей..... 75
- Гречаников, А. В., Ковчур, А. С., Манак, П. И., Тимонов, И. А.**
Исследование эффективности использования добавки боя стекла при изготовлении керамических материалов 85

Экономика

- Шерстнева О. М.**
Цифровой потенциал региона: теоретические аспекты и оценка в Республике Беларусь 97
- Касаева Т. В., Сацук Т. П., Солодкий Д. Т., Пакшина Т. П.**
Аудит инноваций: теоретические и практические аспекты..... 107
- Иванов М. Б.**
Конкурентный потенциал административно-территориальных единиц: оценка и направления развития 122

Мирончик В. В., Ванкевич Е. В.

Бизнес-модель субъектов молодежного предпринимательства: концептуальные основы построения, особенности, эмпирические оценки..... 134

Абубакер Хуалед, Абдельгани Лебза, Али бин Тайиб

Региональное развитие в Алжире: тенденции, препятствия и меры по их преодолению (на примере провинции Аннаба)..... 148

ПАМЯТКА АВТОРАМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА»..... 163

ОФОРМЛЕНИЕ ССЫЛОК НА ИСТОЧНИКИ И СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... 166

CONTENTS

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

- Zulfiya F. Valieva, Akmal A. Akhmedov**
Acoustic device for determining the fineness of wool fiber..... 9
- Katsiarina S. Mileeva**
The effect of the method of joining layers in two-layer fabrics on their physical and mechanical properties..... 20
- Galina V. Kazarnovskaya, Yuliana N. Parkhimovich**
Technology for producing double-sided fabrics based on the structure of a three-weft tapestry..... 39
- Danila A. Yasneu, Dzmitry B. Ryklin**
Rationale for using the capacity method to assess the blending irregularity of heterogeneous textiles 51
- Anastasia N. Radyuk, Alexander N. Burkin**
Technological aspects of obtaining materials for outer parts of shoe bottoms 61

Chemical Engineering

- Ksenia A. Lenko, Natallia N. Yasinskaya, Natallia V. Skobova**
Development of a rational composition of a polyezyme composition in the technology of bioscouring of cotton fabrics..... 75
- Aliaksandr V. Hrachanikau, Andrei S. Kauchur, Pavel I. Manak, Ivan A. Tsimanov**
Research on the effectiveness of using the additive of break glass in the production of ceramic materials 85

Economics

- Olga M. Sherstneva**
Digital potential of the region: theoretical aspects and assessment in the Republic of Belarus 97
- Tamara V. Kasayeva, Tatiana P. Satsuk, Dmitry T. Solodky, Tatyana P. Pakshina**
Innovation audit: theoretical and practical aspects 107
- Maxim B. Ivanov**
Competitive potential of administrative-territorial units: assessment and development directions 122

Vladislav V. Mironchik, Alena V. Vankevich

Business model of youth entrepreneurship entities: conceptual foundations, features,
and empirical assessments 134

Aboubaker Khoualed, Abdelghani Lebza, Ali Ben Tayeb

The reality, efforts, and obstacles of local development in Algeria:
the case of Annaba province 148

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS OF JOURNAL

"BULLETIN OF STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY" 163

PREPARATION OF LINKS TO SOURCES AND A LIST OF REFERENCES..... 166

Акустический прибор для определения тонины шерстяного волокна**З. Ф. Валиева¹,
А. А. Ахмедов²**¹*Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан*²*Научный центр АО «PAXTASANOAT ILMIY MARKAZI», Республика Узбекистан*

Аннотация. В мире уделяется особое внимание повышению качества текстильной продукции и выработке готовой продукции путем внедрения новых технологий по переработке текстильных материалов. Одним из ключевых факторов развития шерстяной промышленности любой страны является устойчивое развитие собственной сырьевой базы и, прежде всего, развитие отечественного овцеводства и производства натуральной шерсти. Тонина шерстяного волокна является основной качественной характеристикой, по которой осуществляется классификация и ценообразование волокна. Это требует высокой точности и надежности измерения данного показателя. В Республике Узбекистан ввиду высокого удельного веса стоимости сырья в шерстяной промышленности, первостепенное значение приобретает рациональное и экономное использование шерсти. В результате несоответствия качественных показателей шерсти требованиям отрасли первичной обработки наблюдается тенденция снижения выхода волокна. В связи с такой ситуацией высокую актуальность приобретают научные исследования, направленные на разработку, внедрение и модернизацию более совершенных испытательных приборов и соответствующие методы оценки ее свойств в целях обеспечения стабильности протекания технологических процессов прядения, ткачества и отделки. Поэтому целью данной работы является исследование возможности измерения тонины шерстяного волокна на акустическом приборе ПАМ-1. Результаты экспериментов на акустическом приборе были сравнены с показателями диаметра шерстяных волокон, определенных по стандартной методике. Установлено, что погрешности измерений при определении тонины шерстяных волокон с использованием акустического прибора находятся в регламентированных пределах.

Ключевые слова: шерстяное волокно, диаметр, акустический метод измерения, регрессионный анализ.

Информация о статье: поступила 14 марта 2024 года.

Статья подготовлена по материалам доклада 57-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, которая состоялась 18–19 апреля 2024 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

Acoustic device for determining the fineness of wool fiber**Zulfiya F. Valieva¹**¹*Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan***Akmal A. Akhmedov²**²*Scientific Center JSC "PAXTASANOAT ILMIY MARKAZI", Republic of Uzbekistan*

Abstract. The world is paying special attention to improving the quality of textile products and the production of finished goods by introducing new technologies for processing textile materials. One of the key factors in the development of the wool industry in any country is the sustainable development of its own raw material base and, above all, the development of domestic sheep breeding and the production of natural wool. The fineness of wool fiber is the main quality characteristic by which the fiber is classified and priced. This requires high accuracy and reliability of measurement of this indicator. This requires high accuracy and reliability in the measurement of this indicator. In the Republic of Uzbekistan, due to the high specific weight of the cost of raw materials in the wool industry, the rational and economical use of wool is of primary importance. As a result of the discrepancy between the quality indicators of wool and the requirements of the primary processing industry, a tendency to reduce the yield of fiber is observed. In connection with this situation, scientific research aims at the development, implementation and modernization of more advanced testing devices and corresponding methods

for assessing wool properties in order to ensure the stability of the technological processes of spinning, weaving and finishing is becoming highly relevant. Therefore, the aim of this work is to study the possibility of measuring the fineness of wool fiber using the PAM-1 acoustic device. The results of experiments on the acoustic device were compared with the diameters of wool fibers determined using standard methods. It has been established that measurement errors when determining the fineness of wool fibers using an acoustic device are within regulated limits.

Keywords: wool fiber, diameter, acoustic measurement method, regression analysis.

Article info: received March 14, 2024.

The article summarizes the research materials presented at the 57th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students, held on April 18–19, 2024 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus).

Введение

Мировое производство шерсти сократилось с 1,3 до 1 миллиона тонн и в настоящее время составляет лишь 1 % мирового производства волокна. На мировом рынке шерсти доминирует тонкая и мягкая шерсть мериноса, производимая в основном в Австралии и Новой Зеландии. Эта шерсть чаще всего используется и перерабатывается в мировой текстильной промышленности для производства высококачественного швейного текстиля. Шерсть, полученная в Европе, менее мягкая и грубая. Годовое производство шерсти в странах ЕС составляет более 200 тысяч тонн. Подсчитано, что основная его часть, около 160 тысяч метрических тонн выбрасывается и вообще не перерабатывается (Løvbak Berg, L., I. Grimstad Klepp, A. Schytte Sigaard, J. Broda, M. Rom and K. Kobiela-Mendrek, 2022). С шерстью часто обращаются как с отходами, создающими проблемы, и она приносит фермерам расходы, а не потенциальный доход. Вместо того, чтобы использовать шерсть, ее без необходимости хранят, закапывают или сжигают (Kicińska-Jakubowska, A. et al., 2023). Для полной реализации ценного сырья, возникает необходимость в разработке системы сертификации шерстяного волокна на основе своевременной классификации сырья по качественным признакам на основе усовершенствования методов и средств измерений для точной, надёжной, достоверной оценки свойств.

Качество шерсти варьируется в зависимости от двух основных факторов: тонины и среднеквадратического отклонения по тонине. Одним из основных технологических показателей овечьей шерсти является её тонина (в отечественной терминологии) или средний диаметр (в международной практике). Другими качественными факторами являются прочность, длина, загрязняющие вещества, однородность и цвет. Высококачественная шерсть обычно используется для производства одежды. Низкокачественная шерсть используется при

производстве обивки, одеяла и ковров (Тимошенко Н.К., Разгонов Н.Т., Баженова И.А. и Пелиховская Т.Н., 2013; Валиева З.Ф., Хамраева С.А. и Лайшева Э.Т., 2018).

Тонина определяет различное производственное назначение шерсти и лежит в основе различий по прядильной способности. Именно технологическая ценность шерсти, в значительной степени определяемая тониной, положена в основу большинства классификаций и стандартов, разработанных в разных странах мира. Классификация, являясь основой для разработки национальных стандартов, определяет и правила подготовки шерсти для продажи и переработки (Белик Н.И., 2018).

Обозначение тонины волокон шерсти производится в качествах и пришло в отечественную терминологию от разработанной в XIX веке в Англии брэдфордской классификации шерсти. Сущность этой классификации основывается на технической возможности выработки из одного английского фунта (453,6 g) топса (гребенной ленты) разного количества мотков пряжи. В действительности брэдфордская система выражения прядильных свойств шерсти лежала в основе большинства существующих в мире систем классификаций её тонины. Однако, в отличие от них, по брэдфордской системе прядильные качества определяли прямым путем – по количеству мотков пряжи (определенной длины), которые можно получить из единицы массы мытого и чесаного волокна (топса) по определенной системе прядения. Определить показатель можно было либо непосредственной переработкой шерсти в пряжу, либо экспертно, причем при особом и большом опыте оценки шерсти. В конечном итоге именно технологическая ценность шерсти, в значительной степени определяемая тониной, положена в основу большинства классификаций и стандартов, разработанных в разных странах мира (Разумеев К.Э., Пашин Е.Л. и Плеханов А.Ф., 2013). То

есть брэдфордскую систему классификации следует принимать только как систему деления шерсти по тонине при ее визуальной оценке в условно принятых понятиях «качества». Разрабатывались и другие системы классификации – по составу морфологических типов волокон и по породе овец, по качеству, происхождению, особенностям качества, производственному назначению. Н.К. Тимошенко, Е.Н. Рябина, Н.Т. Разгонов (Тимошенко Н.К., Рябина Е.Н. и Разгонов Н.Т., 2000) приводят классификации шерсти различных стран, которые возникли позднее брэдфордской и имели, почти исключительно, национальное значение. Все эти классификации имеют несколько общих определяющих признаков, сближающих их с брэдфордской: – основываются на тонине; – не имеют цифровые нормативы тонины в микрометрах; – определяются субъективной оценкой и требуют практического опыта; предполагают связь экспертной и объективной оценки тонины путем определения средней величины диаметров в микрометрах (Valieva Z.F., Akhmedov A.A., Ochilov T.A., Ubaydullayeva D.X. and Korabayev Sh.A., 2021). Тонина шерсти зависит от породы, условий кормления и содержания, пола животных, их возраста и индивидуальных особенностей. У молодняка шерсть тоньше, чем у взрослых овец. С возрастом шерсть грубеет, а после 5–6-летнего возраста в связи с ослаблением жизненных функций организма шерсть утоняется. У маток шерсть тоньше, чем у баранов¹ (Caldwell J.P., Mastronarde D.N., Woods, J.L. and Bryson W.G., 2005). Тонина лежит в основе деления рунной основной и пожелтевшей однородной шерсти на сорта при ее классификации и промышленной сортировке. Тонина определяет различное производственное назначение шерсти и лежит в основе различий по прядильной способности.

В зоотехнике тонину шерсти определяют органолептическим, экспертным методом, сравнивая с различными видами эталонов. Сущность метода заключается в установлении тонины волокон, составляющих штапель, путем их просмотра. При просмотре штапель зажимают в продольном направлении между указательным и большим пальцами правой и левой рук и раздвигают так, чтобы между пальцами образовалась сетка волокон. Тонину устанавливают также сравнением с планшетом тонины или стандартными образцами. Планшет

тонины шерсти представляет собой серию эталонных (стандартных) образцов тонины шерсти 70, 64, 60 и 58 качеств, заключенных в прозрачную коробку из плексигласа².

В производственных условиях тонину шерсти определяют органолептическим методом, для чего из разных участков руна отбирают 3–5 штапелей. Каждый поочередно берут большим и указательным пальцами обеих рук за концы, расправляют до образования сетки и просматривают для определения тонины волокон, равномерности по тонине. При определении класса тонины однородной шерсти иногда (при разногласиях и др.) пользуются эталонными образцами шерсти. Для более точного определения тонины шерсти пользуются лабораторным методом, при котором диаметр поперечного сечения шерстного волокна определяют под микроскопом или ланаметром и выражают в микрометрах².

Согласно ГОСТ 30702-2000 торговая сельскохозяйственно-промышленная классификация мытой и невымытой шерсти всех наименований осуществляется в зависимости от групп тонины, где однородную шерсть делят на: тонкую, полутонкую, полугрубую, грубую; неоднородную полугрубую и грубую шерсть в зависимости от наименования (породы овец) и средней тонины волокон делят на группы: первую, вторую, третью, четвертую (Hamraeva S.A., Laysheva E.T. and Valiyeva Z.F., 2019).

Шерсть однородную, неоднородную всех групп тонины и наименований рунную основную и пожелтевшую делят по тонине, длине, прочности, засоренности, цвету (Рыклин Д.Б., 2017).

По мнению Разгонова Н.Т. проблема заключается в том, что сертификация такого неоднородного сырья, каким является шерсть, может осуществляться только при надлежащем метрологическом обеспечении как средств измерения (СИ), так и методик выполнения измерений (МВИ). Метрологическое обеспечение измерений и сертификация шерстяного сырья заключаются в строгом соблюдении требований, предъявляемых к качеству измерений (Разгонов Н.Т., 2004).

Ряд устройств, таких как микрометр и микрометрический суппорт, доступны для измерения толщины, в долях метра, различных тонких материалов. В подходящих материалах, возможны измерения порядка 0,01 мм (Cottle D.J. and Baxter B.P., 2015).

¹ URL: https://magic-wool.com/encyclopedia/klassifikatsiya_shersti.html, [дата обращения: 14.05.2024].

² URL: <https://www.livemaster.ru/topic/129357-svoystva-shersti>, [дата обращения: 14.05.2024].

Характерная особенность кроссбредной шерсти – ее однородность, штапельно-косичное строение руна, белый с блеском цвет, мягкость, упругость, эластичность, средняя и крупная извитость, длина 11–15 см, тонины 58–50 качества и ниже. В работе (Cottle D.J. and Baxter B.P., 2015) отмечено, что основная масса рун (51,1–55,5) обеих групп имели шерсть тониной 56 качества.

Анализ показывает, что, хотя основные характеристики волокна/руна, которые в настоящее время влияют на ценообразование и торговлю меринсовой шерстью, можно легко и точно измерить, еще предстоит проделать значительную работу по увязыванию измерений шерсти с прогнозированием характеристик как при обработке, так и при ее обработке. в конечном продукте. Коммерческое значение физических свойств сырой шерсти суммировано в таблице 1. Средний диаметр волокна на сегодняшний день является наиболее важным физическим свойством, влияющим на производительность обработки, свойства ткани, потребительскую оценку и цену за килограмм. Некоторые физические свойства имеют большое значение на ранних и/или поздних стадиях об-

работки, тогда как другие имеют меньшее значение в зависимости от определенного конечного использования, для которого предназначено волокно. Эти физические свойства напрямую влияют на скорость обработки, выход продукции, количество отходов, качество пряжи, эффективность крашения, визуальные характеристики, характеристики ручек, свойства ткани, стоимость продукта и привлекательность для покупателя. Коттл и Бакстер (Cottle D.J., and Baxter B.P., 2015) рассмотрели требования к испытаниям важных физических свойств шерсти.

Учитывая выше сказанное, целью данного исследования является обеспечение точного и надёжного определения качественных показателей шерстяных волокон на основе усовершенствования метода измерения его среднего диаметра (тонины), для обеспечения правильной и своевременной классификации сырья.

Методы и средства исследований

В настоящее время актуальное значение приобрела проблема создания приборов для оценки качественных характеристик шерстяных волокон, основанными на

Таблица 1 – Важность свойств шерсти для обработки шерсти

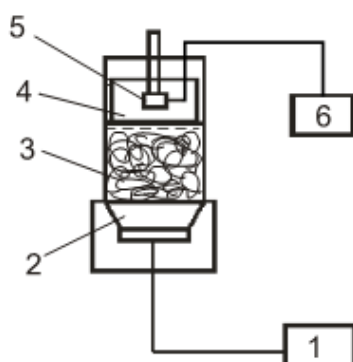
Table 1 – Importance of wool properties for wool processing

Характеристики	Значение обработки	Важность очистки и обработки поверхности	Значение для производства пряжи и тканей
Средний диаметр волокна	Влияет на линейную плотность, равномерность пряжи, поверхностную плотность ткани, колючесть и мягкость ткани	****	****
Длина	Основной вклад в высокое качество пряжи	***	***
Производительность стирки	Измеряет количество чистого волокна	****	***
Количественное содержание пороков и сорных примесей	Влияет на производительность чесания, а также повышает изысканность и качество ткани	***	**
Разрывная нагрузка	Влияет на механические характеристики пряжи и готовой продукции	***	****
Извитость волокна	Влияет на прочность, равномерность по линейной плотности пряжи, свойства ткани	**	**

Примечание: ****самое важное; ***главный; **вторичный.

неразрушающих методах контроля и диагностики качества. Важным показателем при сортировке шерсти является показатель среднего диаметра волокна (тонина), который является основным критерием оценки его прядильной способности и используется при установлении цены.

Акустический прибор ПАМ-1 для измерения показателя микронейр хлопкового волокна может быть использован для измерения диаметра шерстяных волокон [Ахмедов А., Валиева З.Ф. и Махкамова Ш.Ф., 2020; Valieva, Z.F. et al., 2020]. Унифицированный акустический прибор ПАМ-1 для определения качественных показателей хлопкового волокна (рисунок 1).



1 – генератор; 2 – излучатель; 3 – рабочая камера;
4 – плунжер; 5 – микрофон; 6 – измерительный блок

Рисунок 1 – Акустический прибор ПАМ-1
Figure 1 – Acoustic device PAM-1

Звуковые колебания, возбуждаемые с помощью генератора 1 и излучателя 2, направляются в рабочую камеру прибора 3, в которую помещается проба для испытаний. Прошедшие через пробу волокна звуковые волны преобразуются в электрический сигнал с помощью микрофона, установленного внутри плунжера 4. Величина сигнала пропорциональна амплитуде давления звуковых колебаний. Величина выходного сигнала измеряется блоком измерения и индикации [Valieva, Z.F. et al., 2020].

Для проверки возможности измерения диаметра шерстяного волокна проанализируем процесс прохождения звуковых колебаний через пробу шерсти, заключенной в измерительную камеру прибора. При прохождении плоских звуковых волн через волокни-

стую пробу происходит потеря энергии за счет трения о поверхность волокна, что приводит к изменению амплитуды звуковых колебаний и сдвигу фаз звуковых волн.

Как известно, давление амплитуды плоской звуковой волны вдоль оси Ox , совпадающей с направлением распространения волны изменяется по формуле:

$$P = P_0 e^{-j\mathbf{l}}, \quad (1)$$

где P_0 – давление звуковых колебаний перед пробой волокна; \mathbf{l} – толщина слоя волокнистой пробы; j – постоянная распространения, определяется формулой:

$$J = \alpha + \beta i, \quad (2)$$

где α – коэффициент затухания звуковых колебаний; β – волновое число; i – комплексное число.

В данной работе рассматривается принцип измерения по затуханию звуковых волн.

Поэтому изучается связь выходного сигнала от параметра волокна.

Как показано в работе [Valieva, Z.F. et al., 2020], в области низких частот звуковых колебаний наблюдается зависимость затухания акустических колебаний от параметров волокна.

$$\alpha = \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} k S_0 \sqrt{f}, \quad (3)$$

где ε – пористость пробы волокна, равная отношению объема пор в пробе к общему объему пробы; f – частота звуковых колебаний, Гц; S_0 – удельная поверхность волокна, равная отношению площади боковой поверхности волокон в пробе к их объему, $1/м$; k – постоянный коэффициент.

В настоящей работе изучается зависимость тонины шерстяного волокна от затухания звуковых колебаний.

На основании алгоритмов для расчета диаметра шерсти по величине затухания звуковых колебаний на приборе ПАМ-1, приведенных в формулах 4–5, был разработан программный продукт.

$$d = \frac{39,297}{8,3357 - \ln U}, \quad (4)$$

где d – диаметр шерсти, мкм; U – выходной сигнал прибора ПАМ-1, мВ; 39,297; 8,3357 – градуировочные коэффициенты прибора ПАМ-1 для диапазона диаметра шерсти 35–45 мкм.

Алгоритмы для расчета диаметра шерсти по величине затухания звуковых колебаний на приборе ПАМ-1

определяются по формуле:

$$d = \frac{27,525}{7,9778 - \ln U}, \quad (5)$$

где, d – диаметр шерсти, мкм; U – выходной сигнал прибора ПАМ-1, мВ; 27,525; 7,9778 – градуировочные коэффициенты прибора ПАМ-1 для диапазона диаметра шерсти 24–35 мкм.

Результаты исследований

При исследовании зависимости тонины шерстяного волокна от затухания звуковых колебаний была выведена функциональная связь коэффициента затухания звуковых колебаний α с диаметром шерстяного волокна.

Обозначив приведённую зависимость в формуле [3] через B ,

$$B = \frac{4k(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} \sqrt{f}, \quad (6)$$

получим

$$\alpha = \frac{B}{d}. \quad (7)$$

Заменив в формуле (1) давление звуковых колебаний на пропорциональный ему выходной сигнал прибора, получаем следующее выражение:

$$U = U_0 e^{-\alpha l}. \quad (8)$$

Подставив в формулу (8) выражение (7) для коэффициента затухания и прологарифмируя полученное выражение, получаем:

$$\ln U = \ln U_0 - \frac{B \cdot \ell}{d}. \quad (9)$$

Учитывая допущения, принятые при выводе формулы (7), можно предположить, что между логарифмом выходного сигнала прибора и диаметром шерстяного волокна существует линейная регрессия

$$\ln U = A_0 - \frac{A_1}{d}, \quad (10)$$

где $A_0 = \ln U_0$, $A_1 = B \cdot \ell$.

Заметим, что из выражения (9), сделав преобразования, можно получить зависимость для диаметра шерстяных волокон:

$$\frac{B \cdot \ell}{d} = \ln U_0 - \ln U, \quad d = \frac{B \cdot \ell}{\ln \frac{U_0}{U}} \cdot l. \quad (11)$$

Полученная зависимость (11) для диаметра шерстяных волокон позволяет рассчитать его с учетом интенсивности выходного сигнала акустического прибора ПАМ-1, применяемого в качестве эффективного инструментария для экспрессного метода определения сорта хлопка-сырца и хлопкового волокна волн (Valieva Z.F., Laysheva E.T., Akhmedov A.A. and Makhkamova Sh.F., 2020).

Расчет по формуле (11) производится с учетом пористости пробы и длины волокна, частоты звуковых колебаний. Таким образом, реализуется расчетно-экспериментальный метод определения диаметра шерстяных волокон, являющегося важным параметром при подготовке исходных данных для шерстопрядения (Valieva Z.F., Laysheva E.T., Akhmedov A.A. and Makhkamova Sh.F., 2020).

Были рассчитаны значения средних квадратичных отклонений при сравнение значений диаметров, полученных экспериментальным и теоретическим путём, приведённых в таблице 2 и которые составляют для диапазона диаметра шерсти от 24–31,8 мкм – 0,267 мкм; для диапазона диаметра шерсти от 36,3–45 мкм – 0,249 мкм.

Анализ результатов

На основании круговых лабораторных испытаний, проводимых Международной ассоциацией лабораторий по шерстяному текстилю (Interwoollabs), общепринята достоверность измерения среднего диаметра для каждого названного метода (Valieva Z.F., Akhmedov A.A., Ochilov T.A., Ubaydullayeva D.X. and Korabayev Sh.A., 2021; Ахмедов А., Валиева З.Ф. и Махкамова Ш.Ф., 2020) в сравнение с акустическим способом, которая представлена в таблице 3.

Были рассчитаны значения средних квадратичных отклонений при сравнение значений диаметров, полученных экспериментальным и теоретическим путём, приведённых в таблице 4 и которые составляют для диапазона диаметра шерсти от 24–31,8 мкм – 0,267 мкм; для диапазона диаметра шерсти от 36,3–45 мкм – 0,249 мкм.

Выводы

Таким образом, впервые с помощью прибора ПАМ-1 определён средний диаметр (код тонины) шерстяного волокна, который является основным показателем, определяющим в стандартах его качественные градации. По приведённым результатам исследования можно утверждать, что погрешности измерений при определении тонины шерстяных волокон с использо-

ванием акустического прибора находятся в установленных пределах и свидетельствуют о целесообразности применения прибора ПАМ-1 для определения геометрических характеристик шерстяного волокна.

Таблица 2 – Стандартные и расчётные значения диаметра шерсти

Table 2 – Standard and estimated wool diameter values

Разновидность шерстяного волокна/ выходной сигнал, мВ	Диаметр шерстяных волокон, определённых по стандартному методу, мкм	Расчётный диаметр шерстяных волокон, мкм	Разность по значениям диаметров шерсти	Квадрат разности
Верблюжья 1 отбор 934,5	24,0	24,19	0,19	0,0361
Верблюжья 2 отбор 963,5	25,0	24,86	- 0,14	0,0196
Верблюжья 4 отбор 1000,0	25,7	25,72	0,02	0, 0004
Козья тонкая 1150,5	29,6	29,60	0	0
Овечья черная 2 отбор 1138,0	29,7	29,26	- 0,44	0,1936
Козья шерсть 3 отбор 1155,0	30,0	29,73	- 0,27	0,0073
Овечья черная 1 отбор 1233,5	31,7	31,99	0,28	0,0841
Овечья светлая 2 отбор 1240,0	31,8	32,19	0,39	0,1521
Овечья светлая 1 отбор 1375,5	35,3	35,43	0,13	0,0169
Овечья светлая 3 отбор 1413,0	36,3	36,31	0,01	0,0001
Козья шерсть 4 отбор 1513,4	38,9	38,77	- 0,13	0,0169
Верблюжья 3 отбор 1620,0	42,0	41,56	- 0,44	0,1936
Козья грубая 1699,8	43,7	43,79	0,09	0,0081
Козья 5 отбор 1754,0	45,0	45,37	0,37	0,1369

Таблица 3 – Погрешность измерения тонины (среднего диаметра) шерсти при различных методах оценки

Table 3 – Error in measuring the fineness (average diameter) of wool using various assessment methods

Наименование метода	Погрешность методов ($P = 0,95$)	
	22,0 мкм	37,0 мкм
Оптические методы		
Микроскоп	$\pm 0,90$	$\pm 1,15$
OFDA	$\pm 0,36$	$\pm 0,65$
LASERSCAN	$\pm 0,32$	$\pm 0,70$
Метод воздушного потока		
AIR-FLOW (постоянное давление)	$\pm 0,45$	$\pm 0,90$
Акустический метод		
ПАМ-1	$\pm 0,45$	$\pm 0,33$

Таблица 4 – Стандартные и расчётные значения диаметра шерсти

Table 4 – Standard and estimated wool diameter values

Значения выходного сигнала, мВ	Логарифм выходного сигнала	Значения диаметра шерстяных волокон, определённых по стандартному методу, мкм	Расчётное значение диаметра шерстяных волокон, мкм	Разность по значениям диаметров шерсти	Квадрат разности
934,5	6,84	24,0	24,19	0,19	0,0361
963,5	6,87	25,0	24,86	- 0,14	0,0196
1000,0	6,90	25,7	25,72	0,02	0,0004
1150,5	7,05	29,6	29,60	0	0
1138,0	7,04	29,7	29,26	- 0,44	0,1936
1155,0	7,06	30,0	29,73	- 0,27	0,0073
1233,5	7,012	31,7	31,99	0,28	0,0841
1240,0	7,12	31,8	32,19	0,39	0,1521
1375,5	7,23	35,3	35,43	0,13	0,0169
1413,0	7,25	36,3	36,31	0,01	0,0001
1513,4	7,32	38,9	38,77	- 0,13	0,0169
1620,0	7,39	42,0	41,56	- 0,44	0,1936
1699,8	7,43	43,7	43,79	0,09	0,0081
1754,0	7,47	45,0	45,37	0,37	0,1369

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Ахмедов, А., Валиева, З.Ф. и Махкамова, Ш.Ф. (2020). Акустический метод измерения диаметра шерстяного волокна. *Материалы докладов 53-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*, Том 2, с. 268–271.

Белик, Н.И. (2018). Классификация и стандартизация шерсти по тонине. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*, (1 (50)), с. 113–118. doi: 10.24411/2078-1318-2018-11113.

Валиева, З.Ф., Хамраева, С.А. и Лайшева, Э.Т. (2018). Определение геометрических характеристик местной шерсти стандартным методом и акустическим прибором. *Проблемы текстиля*, Ташкент, № 1, с. 47–51.

Разгонов, Н.Т. (2004). Проблемы качества овечьей шерсти и её сертификация. *Сельскохозяйственный журнал*, 2 (2-2), с. 121–125.

Разумеев, К.Э., Пашин, Е.Л. и Плеханов, А.Ф. (2013). *Классификация и методы испытаний отечественного натурального текстильного сырья: учебное пособие (электр. издание)*. Одинцово: АНО О ВПО «Одинцовский гуманитарный институт», Российская Федерация.

Рыклин, Д.Б. (2017). *Технология и оборудование для подготовки к прядению. Раздел «Сырьевая база текстильной промышленности»: конспект лекций*, Витебск : УО «ВГТУ», Республика Беларусь.

Тимошенко, Н.К., Разгонов, Н.Т., Баженова, И.А., и Пелиховская, Т.Н. (2013). Тонина как основной показатель качества шерсти. *Сельскохозяйственный журнал*, 2 (6 (1)), с. 260–264.

Тимошенко, Н.К., Рябинина, Е.Н. и Разгонов, Н.Т. (2000). *Шерсть как товар на рынке сырья и готовой продукции. В: Шерсть. Первичная обработка и рынок: монография / под ред. Н.К. Тимошенко*. М.: ВНИИМП РАСХН, с. 6–87.

Caldwell, J.P., Mastronarde, D.N., Woods, J.L. and Bryson, W.G. (2005). The three dimensional arrangement of intermediate filaments in Romney wool cortical cells, *Journal of structural biology*. – V. 151 – P. 298–305.

Cottle, D.J., and Baxter, B.P. (2015). Wool metrology research and development to date. *Textile Progress*, 47(3), P. 163–315. <https://doi.org/10.1080/00405167.2015.1108543>.

Hamraeva, S.A., Laysheva, E.T. and Valiyeva, Z.F. (2019). Determination of geometric characteristics of local wool by standard method and acoustical instrument, *Textile Journal of Uzbekistan*, Vol. 1 : No. 1, Article 9.

Kicińska-Jakubowska, A., Broda, Ja., Zimniewska, M. and Przybylska, P. (2023). Characteristics of Wool of Selected Polish Local Sheep Breeds with Mixed Type Fleece, *Journal of Natural Fibers*, 21(1). doi: 10.1080/15440478.2023.2290855.

Løvbak Berg, L., I. Grimstad Klepp, A. Schytte Sigaard, J. Broda, M. Rom, and K. Kobiela-Mendrek (2022). Reducing Plastic in Consumer Goods: Opportunities for Coarser Wool. *Fibers*, 11 (2).

Valieva, Z.F., Laysheva, E.T., Akhmedov, A.A. and Makhkamova, Sh.F. (2020). Metod for measuring wool fiber diametr. *Articles of the V International Scientific and Practical Conference «Education and science in the 21st century»*, Vitebsk. – pp. 65–69.

Valieva, Z.F., Akhmedov, A.A., Ochilov, T.A., Makhkamova, Sh.F. and Valieva, K.D. (2020). Development of Optimal Parameters for Determining the Diameter of Wool Fibres Using the Instrument PAM-1. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 7(10).

Valieva, Z.F., Akhmedov, A.A., Ochilov, T.A., Ubaydullayeva, D.X. and Korabayev, Sh.A. (2021). Possibility to Use Acoustic Device PAM-1 to Determine Quality Characteristics of Wool Fiber. *Annals of R.S.C.B.*, 25(6), pp. 10166–10173. DOI: <http://annalsofscb.ro>.

REFERENCES

Akhmedov, A., Valieva, Z.F., and Makhkamova, Sh.F. (2020). Acoustic method for measuring the diameter of wool fiber [Akusticheskij metod izmereniya diametra sherstyanogo volokna]. *Materialy dokladov 53-j mezhdunarodnoj nauchno-*

tekhnikeskoy konferencii prepodavatelej i studentov = Proceedings of the 53rd International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students, Vitebsk, Vol. 2, pp. 268–271 (In Russian).

Belik, N.I. (2018). Classification and Standardization of Wool by Fineness [Klassifikaciya i standartizaciya shersti po tonine]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Saint Petersburg State Agrarian University*, (1 (50)), pp. 113–118. doi: 10.24411/2078-1318-2018-11113 (In Russian).

Valieva, Z.F., Khamraeva, S.A., and Laisheva, E.T. (2018). Determination of Geometrical Characteristics of Local Wool by Standard Method and Acoustic Device [Opredelenie geometricheskikh harakteristik mestnoj shersti standartnym metodom i akusticheskim priborom]. *Problemy tekstilya = Textile problems*, Tashken, No. 1, pp. 47–51 (In Russian).

Razgonov, N.T. (2004). Problems of sheep wool quality and its certification. [Problemy kachestva ovechej shersti i eyo sertifikaciya], *Sel'skohozyajstvennyj zhurnal = Agricultural journal*, 2 (2-2), pp. 121–125 (In Russian).

Razumeev, K.E., Pashin, E.L. and Plekhanov, A.F. (2013). *Klassifikaciya i metody ispytaniy otechestvennogo natural'nogo tekstil'nogo syr'ya: uchebnoe posobie (elektr. izdanie)* [Classification and testing methods of domestic natural textile raw materials: a tutorial (electronic edition)]. Odintsovo: ANO O VPO "Odintsovo Humanitarian Institute", Russian Federation (In Russian).

Ryklin, D.B. (2017). *Tekhnologiya i oborudovanie dlya podgotovki k pryadeniyu. Razdel «Syr'evaya baza tekstil'noj promyshlennosti»: konspekt lekcij* [Technology and equipment for preparation for spinning. Section "Raw materials base of the textile industry": lecture notes], Vitebsk: UO "VSTU", Republic of Belarus (In Russian).

Timoshenko, N.K., Razgonov, N.T., Bazhenova, I.A., and Pelikhovskaya, T.N. (2013). Fineness as the Main Indicator of Wool Quality [Tonina kak osnovnoj pokazatel' kachestva shersti]. *Sel'skohozyajstvennyj zhurnal = Agricultural Journal*, 2 (6 (1)), pp. 260–264 (In Russian).

Timoshenko, N.K., Ryabinina, E.N. and Razgonov, N.T. (2000). *SHerst' kak tovar na rynke syr'ya i gotovoj produkcii. V: SHerst'. Pervichnaya obrabotka i rynek: monografiya / pod red. N.K. Timoshenko* [Wool as a commodity in the market of raw materials and finished products. In: Wool. Primary processing and market: monograph / edited by N. K. Timoshenko]. Moscow: VNIIMP RAAS, pp. 6–87. (In Russian).

Caldwell, J.P., Mastronarde, D.N., Woods, J.L. and Bryson, W.G. (2005). The three-dimensional arrangement of intermediate filaments in Romney wool cortical cells, *Journal of structural biology* – V. 151 – P. 298–305.

Cottle, D.J., and Baxter, B.P. (2015). Wool metrology research and development to date. *Textile Progress*, 47(3), P. 163–315. <https://doi.org/10.1080/00405167.2015.1108543>

Hamraeva, S.A., Laysheva, E.T. and Valiyeva, Z.F. (2019). Determination of geometric characteristics of local wool by standard method and acoustical instrument, *Textile Journal of Uzbekistan*, Vol. 1: No.1, Article 9.

Kicińska-Jakubowska, A., Broda, J., Zimniewska, M. and Przybylska, P. (2023). Characteristics of Wool of Selected Polish Local Sheep Breeds with Mixed Type Fleece, *Journal of Natural Fibers*, 21(1). doi: 10.1080/15440478.2023.2290855.

Løvbak Berg, L., I. Grimstad Klepp, A. Schytte Sigaard, J. Broda, M. Rom, and K. Kobiela-Mendrek (2022). Reducing Plastic in Consumer Goods: Opportunities for Coarser Wool. *Fibers*, 11 (2).

Valieva, Z.F., Laysheva, E.T., Akhmedov, A.A. and Makhkamova, Sh.F. (2020). Metod for measuring wool fiber diametr. *Articles of the V International Scientific and Practical Conference «Education and science in the 21st century»*, Vitebsk. – pp. 65–69.

Valieva, Z.F., Akhmedov, A.A., Ochilov, T.A., Makhkamova, Sh.F. and Valieva, K.D. (2020). Development of Optimal Parameters for Determining the Diameter of Wool Fibres Using the Instrument PAM-1. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 7(10).

Valieva, Z.F., Akhmedov, A.A., Ochilov, T.A., Ubaydullayeva, D.X. and Korabayev, Sh.A. (2021). Possibility to Use Acoustic Device PAM-1 to Determine Quality Characteristics of Wool Fiber. *Annals of R.S.C.B.*, 25(6), pp. 10166–10173. DOI: <http://annalsfrscb.ro>.

Валиева Зулфия Фахритдиновна

Доцент кафедры «Материаловедение и стандартизация», Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан.

E-mail: zulfiya-valieva-76@mail.ru

Ахмедов Акмал Ахмедович

Кандидат технических наук, научный консультант отдела стандартизации и метрологии, научный центр АО «PAXTASANOAT ILMIY MARKAZI», Республика Узбекистан.

E-mail: info@paxtasanoatilm.uz

Zulfiya F. Valieva

Associate Professor at the Department "Materials Science and Standardization", Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan.

E-mail: tzulfiya-valieva-76@mail.ru

Akmal A. Akhmedov

Candidate of Science (in Engineering), Scientific Consultant of the Department of Standardization and Metrology, Scientific Center JSC "PAXTASANOAT ILMIY MARKAZI", Republic of Uzbekistan.

E-mail: info@paxtasanoatilm.uz

Влияние способа соединения слоев в двухслойных тканях на их физико-механические свойства

Е. С. Милеева

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Аннотация. РУПТП «Оршанский льнокомбинат» выпускает широкий ассортимент льняных и полульняных тканей различного назначения, а также штучные изделия, в числе которых повышенным спросом обладают одеяла, покрывала и пледы. Они, как правило, производятся из жаккардовых тканей сложного строения, структура и рисунок которых формируется сочетанием различных переплетений. Исследование направлено на определение возможности использования различных способов соединения слоев в элементах рисунка одной ткани с целью получения фактурных эффектов на ее поверхности и сохранения изотропии физико-механических свойств.

Целью исследования является определение влияния способа соединения слоев в двухслойных тканях на их физико-механические свойства. Для этого на предприятии наработаны опытные образцы двухслойных тканей мебельно-декоративного назначения, лицевая и изнаночная сторона которых в одинаковой степени сформирована нитями основы и утка. В качестве переплетения верхнего и нижнего слев использована саржа 2/2. Ткани выработаны последовательно, на одном и том же двухнавойном ткацком станке фирмы Picanol с жаккардовой машиной Bonas с одинаковыми заправочными параметрами.

В основе и утке использована крашенная котонинсодержащая льняная пряжа линейной плотности 50 текс, нити основы и утка верхнего и нижнего слоев отличаются друг от друга только по цвету, но идентичны для каждого из способов соединения слоев. Ткани являются двухлицевыми, но для проведения эксперимента сторона, образованная темной основой и темным утком определена как лицевая.

Для исключения влияния параметров отделки на свойства готовой ткани все образцы сформированы в одной партии и прошли энзимную стирку с последующей сушкой в свободном состоянии. Этот способ отделки выбран как наиболее распространенный для производства льносодержащих готовых штучных изделий мебельно-декоративного назначения. В качестве способов соединения слоев определены четыре: по контуру узора, «сверху-вниз», «снизу-вверх» и комбинированный. Построены заправочные рисунки данных переплетений, определен их коэффициент связанности. Проведение испытаний материалов по показателям физико-механических свойств произведено в соответствии со стандартными методиками, в результате которых определены значения разрывной нагрузки, разрывного удлинения, стойкости к истиранию, толщины ткани, воздухопроницаемости и усадки в процессе заключительной отделки.

Результаты анализа данных эксперимента показали, что значения показателей свойств тканей, выработанных переплетениями с разными способами соединения слоев, отличаются друг от друга, и с использованием критерия Краскела-Уоллиса доказано, что эти различия являются статистически значимыми, поэтому применение разных способов соединения слоев в рисунке одной ткани (или одного штучного) изделия приводит к снижению однородности свойств по ширине и длине.

Ключевые слова: двухслойная ткань, способ соединения слоев, физико-механические свойства, критерий Краскела-Уоллиса, заправочные параметры, коэффициент связанности.

Информация о статье: поступила 09 сентября 2024 года.

The effect of the method of joining layers in two-layer fabrics on their physical and mechanical properties

Katsiarina S. Mileeva

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

Abstract. Orsha Flax Processing Plant produces a wide range of linen and semi-linen fabrics for various purposes, as well as piece products, among which blankets, bedspreads and plaids are in growing demand. They are usually made from fabrics

of complex structure, using floral or geometric jacquard patterns, the elements of which are obtained through the use of various weaves on the front side of the fabric. The study is aimed at determining the possibility of using different or several methods of connecting layers in the elements of the same fabric in order to obtain different effects on its surface, provided that the isotropy of its physical-mechanical properties is preserved.

The aim of the study is to determine the effect of the method of joining layers in two-layer fabrics on their physical and mechanical properties. For this purpose, the company has developed two-layer fabrics for furniture and decorative applications, with the front and back layers equally formed by warp and weft threads. Twill 2/2 was used as the interlacing of the upper and lower layers. The fabrics are produced sequentially, on the same two-layer Picanol loom with a Bonas jacquard machine with the same filling parameters.

Dyed cottonine-containing linen yarn with a linear density of 50 tex is used in the warp and weft, the warp and weft threads of the upper and lower layers differ from each other only in color, but are identical for each of the methods of connecting the layers. Since the fabrics are double-sided, the side formed by the dark warp and the dark weft is defined as the front.

To reduce the effect of finishing parameters on the finished fabric, all samples were enzymatically washed and then dried flat in one batch. This finishing method was chosen as the most common for the production of finished piece products for furniture and decorative applications.

Four methods of connecting layers are defined: along the contour of the pattern, "top-down", "bottom-up" and combined. Filling drawings of these weaves are constructed, their coefficient of connectivity is determined. Testing of materials according to physical and mechanical properties was carried out in accordance with standard methods, resulting in the values of breaking load, tensile elongation, abrasion resistance, fabric thickness, breathability and shrinkage during the final finishing being determined.

The results of the analysis of experimental data showed that the values of all properties of fabrics produced by interlacing with different methods of joining layers differ from each other, and using the Kraskel-Wallis criterion it was proved that these differences are statistically significant. Therefore, the use of different methods of joining layers in the drawing of one fabric (or one piece) product leads to a decrease in the uniformity of properties in width and length.

Keywords: two-layer fabric, method of joining layers, physical and mechanical properties, Kraskel-Wallis criteria cloth calculation, coefficient of connectivity.

Article info: received September 09, 2024.

Введение

Большое количество работ посвящено изучению физико-механических свойств тканей различного назначения.

В научной работе (Turmanov et al., 2023) представлены результаты исследования разрывной нагрузки и разрывного удлинения технической брезентовой ткани полотняного переплетения из вторичного хлопка. В статье (Виноградова и Плеханова, 2020) рассмотрены показатели физико-механических свойств хлопчатобумажных тканей медицинского назначения. Установлено, сырьевой состав непосредственно влияет на значения показателей физико-механических свойств тканей медицинского назначения. Авторы (Белявская и Заец, 2019) занимались исследованием шерстяных и полушерстяных тканей пальтового и костюмного ассортимента полотняного саржевого и комбинированных переплетений. Таким образом, ряд исследований направлен на

изучение физико-механических свойств тканей различного назначения, в том числе и мебельно-декоративного ассортимента (Буланов и др., 2021), как нормируемых стандартами, таких как поверхностная плотность, разрывная нагрузка, разрывное удлинение, воздухопроницаемость, гигроскопичность, жесткость при изгибе, толщина, устойчивость окраски, изменение линейных размеров после замачивания, так и узкоспециализированных и не имеющих нормированных стандартами значений. Например, авторская методика прогнозирования устойчивости структуры к раздвижке нитей в швах (Лапшин и др., 2021) или зависимость коэффициента отражения от коэффициента наполнения ткани (Akgun, Vecerir and Alpay, 2010). Это доказывает актуальность вопроса получения качественных тканей из разного вида сырья.

Проблема качества продукции носит комплексный характер по мнению авторов (Скворцова и Плеханова, 2023), включающий в себя множество различных фак-

торов, поэтому ими проведено исследование требований к шерстяным пальтовым тканям, в котором требования ГОСТа сопоставлены с результатами экспертного опроса. Показатели, регламентированные в стандарте, и, выявленные в результате экспертных опросов, существенно отличаются друг от друга. Это усложняет процесс производства, так как выпускаемые ткани должны быть конкурентоспособными. Авторами (Бондарева, Кукушкина и Бондаренко, 2020) предложено использовать комплексный показатель, включающий определение коэффициентов весомости отдельных показателей качества, рассчитывать интегральный и относительный показатели уровня конкурентоспособности на примере платьено-костюмного и блузочного ассортимента льняных тканей.

На свойства тканей кроме сырьевого состава влияет еще и их строение, поэтому ряд исследований посвящён вышеупомянутым параметрам. Авторы Полякова Л. П. и Примаченко, Б. М. (Полякова и Примаченко, 2007) занимались изучением влияния вида переплетения на физико-механические свойства тканей, а также зависимостью между переплетением и напряженностью формирования ткани на ткацком станке (Полякова и Примаченко, 2003). Исследования проводились для хлопчатобумажных тканей десяти вариантов переплетений: полотно, саржа 1/2, рогожка 2/2, саржа 1/3, саржа 2/2, саржа 1/3 4/4, саржа 1/5, саржа 3/3, саржа 2/4, сатин с раппортом 6 нитей. В своих исследованиях они приходят к выводу, что переплетение влияет на разрывную нагрузку, а разрывное удлинение, гигроскопичность и воздухопроницаемость в большей степени зависят от линейной плотности и сырьевого состава пряжи, чем от коэффициента переплетения. Анализ параметров строения тканей различных переплетений, в основе расчета которых лежит нелинейная теория упругих стержней, проведен в работах других авторов (Николаев, Михеева и Парфенов, 2008; Николаев, Палагина и Мастраков, 2015). Учеными (Das, Ghosh and Banerjee, 2013) предложено использование нетрадиционных методов оптимизации параметров строения, таких как генетический алгоритм, оптимизация на основе искусственного интеллекта и имитационное моделирование для проектирования тканей полотняного переплетения из 100 % хлопка.

Таким образом, большинство работ посвящено испытанию тканей по показателям физико-механических свойств, построению математических зависимостей,

анализу влияния структуры ткани на ее свойства. Практически все исследования в данном направлении проводятся для однослойных тканей, переплетение которых чаще всего полотняное, саржевое, либо их производные, реже мелкоузорчатые и комбинированные, сырьевой состав исследуемых тканей как правило: хлопок, полиэфир, двух- или трехкомпонентные смешанные ткани, реже чистошерстяные или полу шерстяные, лен и конопля (Шипова, Куклина и Новосад, 2023). Вопросы изучения свойств тканей из котонинсодержащей льнохлопковой пряжи пневмомеханического способа получения уделено недостаточное внимание. Также остаются недостаточно изученными физико-механические свойства двухслойных тканей. Известно, что структура ткани влияет на ее свойства, однако данных о влиянии способа соединения слоев в двухслойных тканях на их структуру и свойства нет.

Целью работы является анализ влияния способа соединения слоев в двухслойных котонинсодержащих тканях на их физико-механические свойства, а также определение возможности использования разных способов соединения слоев в одной ткани без изменения изотропии ее физико-механических свойств.

Объектом исследования являются ткани для производства штучных изделий сложной двухслойной структуры с разными способами соединения слоев, выработанные на ткацком станке фирмы Picanol с жаккардовой машиной Bonas.

Предметом исследования является зависимость показателей физико-механических свойств от способа соединения слоев в двухслойной ткани.

В ходе исследования поставлены и решены следующие задачи:

- обоснован выбор четырех способов соединения слоев в двухслойной ткани;
- установлены переплетения для лицевой и изнаночной стороны двухслойной ткани, на базе которых построены переплетения сложного строения с разными способами соединения слоев;
- рассчитан коэффициент переплетения и коэффициент связанности для каждого переплетения;
- наработаны опытные образцы двухслойных жаккардовых тканей мебельно-декоративного назначения, определены показатели физико-механических свойств тканей, выработанных переплетениями с разными способами соединения слоев;

– установлено наличие влияния способа соединения слоев на фактические значения показателей некоторых свойств двухслойных тканей, статистически обосновано, что данные различия являются существенными.

– определена и обоснована возможность использования переплетений с разными способами соединения слоев в одной двухслойной ткани.

Методы и средства исследований

Для определения влияния способа соединения слоев на физико-механические свойства двухслойных тканей выдвинута гипотеза о том, что способ соединения слоев существенно влияет на свойства тканей и параметры ее строения. Проверка данной гипотезы осуществлялась эмпирическими методами: наблюдение, эксперимент, измерение, сравнение. Для проведения эксперимента наработаны ткани двухслойной структуры с использованием в верхнем и нижнем слоях саржевого переплетения со следующими способами соединения слоев:

– по контуру узора – соединение слоев нитями самих слоев за счет их перемещения по контуру раппорта двухслойного переплетения;

– «сверху-вниз» – соединение слоев нитями слоев за счет дополнительного переплетения нитей основы верхнего слоя с нитями утка нижнего слоя;

– «снизу-вверх» – соединение слоев нитями слоев за счет дополнительного переплетения нитей основы нижнего слоя с нитями утка верхнего слоя;

– комбинированный – соединение слоев нитями слоев за счет дополнительного переплетения нитей основы верхнего слоя с нитями утка нижнего слоя и дополнительного переплетения нитей основы нижнего слоя с нитями утка верхнего слоя (Мартынова и Черникина, 1976).

Проведение испытаний тканей по показателям физико-механических свойств проходило в соответствии со стандартными методиками, в результате которых определены значения разрывной нагрузки, разрывного удлинения, стойкости к истиранию, толщины ткани, воздухопроницаемости и усадки в процессе заключительной отделки. В результате анализа значений полученных данных применены статистические методы обработки информации, в частности метод математической статистики с использованием критерия Краскела-Уоллиса, который позволяет сравнить средние значения трех и более выборок. Критерий является непараметрическим, он основан на ранжировании данных, при этом значения оцениваемых показателей должны соответствовать

следующим условиям:

– количество выборок не менее трех;

– количество наблюдений за одной из выборок не менее четырех;

– наблюдения в каждой группе независимы друг от друга, закон распределения случайной величины в разных выборках идентичен;

– зависимая переменная является порядковой или непрерывной.

Расчет значения критерия Краскела-Уоллиса, осуществляется по формуле:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1), \quad (1)$$

где k – число выборок; n_i – число наблюдений в i -ой выборке; $N = \sum_{i=1}^k n_i$ – общее число наблюдений; $R_i = \sum_{j=1}^{n_i} r_{ij}$ – сумма рангов в i -ой выборке.

Критическое значение критерия Краскела-Уоллиса (H_{kp}) определяется по справочным таблицам (Сперриер, 2003; Унгурияну и Гржибовский, 2014), при уровне доверительной вероятности $\alpha = 0,05$, $k = 4$, объём выборок $n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = 10$ составляет 7,815. При значении критерия меньшем, чем критическое, нулевая гипотеза принимается, а альтернативная отклоняется.

Результаты исследований

В качестве переплетения лицевой и изнаночной стороны для построения двухслойного переплетения выбрана равно усиленная саржа 2/2, так как она соответствует следующим условиям:

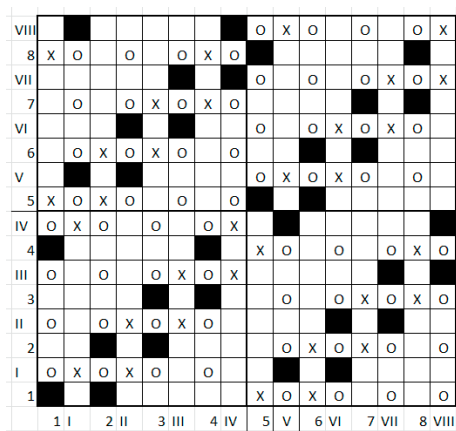
– лицевая и изнаночная сторона ткани образована в равной степени и нитями основы, и нитями утка;

– переплетение позволяет выполнить построение всех способов соединения слоев без нарушения законов построения;

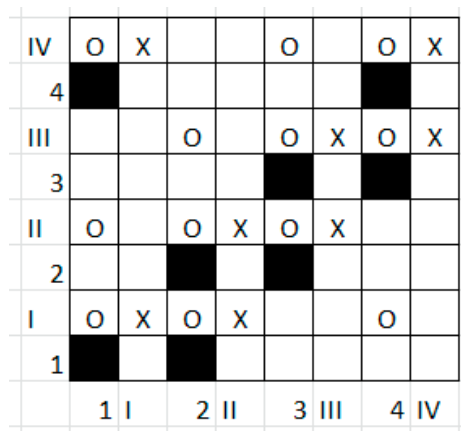
– сравнительно небольшие значения раппорта переплетения позволят создать более плотную устойчивую структуру, с большим коэффициентом связанности.

В условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» получены образцы тканей, модельные переплетения которых представлены на рисунке 1.

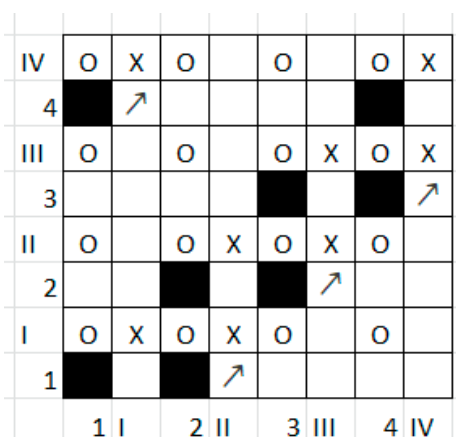
Для того, чтобы все переплетения были в равных условиях, для способа соединения «по контуру узора» переход нити из слоя в слой осуществлялся по мотиву клетки в виде черных и белых прямоугольников, имеющих в каждом слое по 4 нити основы и 4 нити утка, то есть по контуру раппорта двухслойного переплетения. При этом полный раппорт переплетения первого спосо-



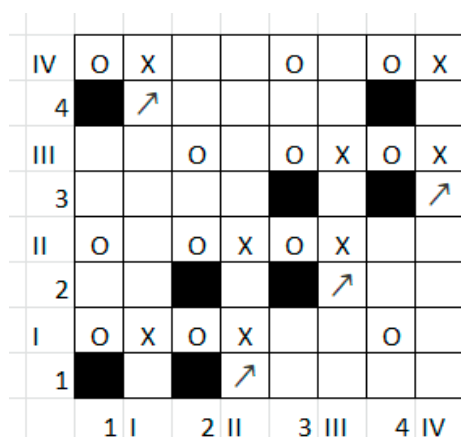
а



б (b)



в(с)



г (d)

Рисунок 1 – Модельные переплетения двухслойной ткани с разными способами соединения слоев:

а) по контуру узора (образец 1), б) «сверху-вниз» (образец 2),
в) «снизу-вверх» (образец 3), г) комбинированный (образец 4)

Figure 1 – Model interlacing of two-layer fabric with different ways of connecting layers:

a) along the contour of the pattern (piece 1), b) "top-down" (piece 2),
c) "bottom-up" (piece 3), d) combined (piece 4)

ба соединения слоев больше других в два раза, но переход нити основы и утка из слоя в слой осуществляется также два раза в рамках раппорта, поэтому принято, что на площади 8X8 нитей соединение происходит один раз по каждой нити основы и утка, как и при прочих способах соединения слоев.

Способы соединения слоев нитями прижимной основы и прижимного утка в эксперименте рассматриваться не будут, так как в этих случаях поверхность

ткани с двух сторон формируется одной из систем нитей: в первом случае – нитями основы, во втором – утка, а дополнительная система нитей вводится внутрь ткани для соединения слоев, что приведет к двум возможным вариантам:

– для получения двухслойных тканей с такой же плотностью нитей в верхнем и нижнем слоях, как в представленных переплетениях, необходимо увеличивать общую плотность нитей в ткани на количество ни-

тей прижимной системы: основы – в случае прижимной основы или утка – для тканей с прижимным утком, что приведет к существенному преимуществу по плотности нитей данных тканей над описанными выше;

– для получения прижимных нитей без увеличения их общего количества отдельные нити из верхнего и нижнего слоев ткани необходимо выделить для образования прижимной системы, что приведет к снижению плотности нитей, образующих верхний и нижний слои и, соответственно, негативно скажется на ее физико-механических свойствах.

В любом из этих случаев способы соединения с дополнительной основой или дополнительным утком находятся в неравных условиях по сравнению с выбранными способами.

Опытные образцы нарабатывались из котонинсо-державшей пряжи линейной плотности 50 текс по основе и утку, одна из систем нитей основы белая, вторая – черная, в утке также использована пряжа двух отличных цветов: светлого и темного.

Основной характеристикой переплетения является коэффициент связанности ($K_{св}$) [Дамьянов, Бачаев и Сурнина, 1984], который определяется по формуле:

$$K_{св} = \frac{P_o P_y T_{ср}}{1000 F_{ср}}, \quad (2)$$

где P_o, P_y – плотность ткани по основе и утку, нит./см; $T_{ср}$ – средняя линейная плотность нитей основы и утка, текс; $F_{ср}$ – средний коэффициент переплетения ткани, вычисляемый по формуле:

$$F_{ср} = \frac{2R_o R_y}{(t_o + t_y)}, \quad (3)$$

где R_o, R_y – раппорт ткани по основе и утку, нит.; t_o, t_y – число взаимных пересечений нитей основы нитями утка и нитей утка нитями основы.

Число взаимных пересечений нитей основы нитями утка и нитей утка нитями основы рассчитано по продольным и поперечным разрезам, представленным на рисунке 2.

Данные расчета коэффициента переплетения и коэффициент связанности представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы, для ткани, выполненной переплетением с соединением слоев по контуру узора, коэффициент переплетения в два раза больше, чем для остальных образцов, а коэффициент связанности в два раза меньше, что говорит о том, что данная ткань имеет

более рыхлую и подвижную структуру. Переплетение с комбинированным способом соединения слоев имеет наибольший коэффициент связанности. Так как первый способ соединения слоев является наиболее распространенным для производства двухслойных тканей костюмного, декоративного, мебельного назначения, столового белья и полотенечных тканей, способ соединения не исключается из сравнения физико-механических свойств, однако считается несколько отличным по строению от других.

Для исключения влияния заправочного натяжения нитей на ткацком станке на показатели физико-механических свойств тканей, опытные образцы нарабатывались последовательно на одном и том же двухнавойном ткацком станке фирмы Picanol с жаккардовой машиной Bonas с одинаковой плотностью по утку. Заправочные параметры ткани представлены в таблице 2.

При наработке образцов ткани повышенной обрывности нитей основы и утка не наблюдалось, однако в образце № 2 на лицевой поверхности, образованной черной основой и темно-серым утком, более сильно проявились пороки внешнего вида пряжи, что является негативным фактором для производства тканей любого назначения.

Разрывная нагрузка определялась в соответствии с ГОСТ 3813-72 на разрывной машине, обеспечивающей постоянную скорость опускания нижнего зажима. Значения показателя разрывной нагрузки представлены на рисунке 3.

Из рисунка видно, что разрывная нагрузка ткани по основе ниже, чем по утку для всех способов соединения слоев. Наибольшую прочность по основе показывает ткань, выполненная переплетением с комбинированным способом соединения слоев, затем ткани, выработанные способом по контуру узора, «сверху-вниз» и наименее прочными по основе являются ткани, соединение слоев в которых осуществлялось «снизу-вверх». В направлении утка наиболее прочным является образец со способом соединения слоев по контуру узора раппорта двухслойного переплетения затем «сверху-вниз», «снизу-вверх», и комбинированный. Интервал изменения значений разрывной нагрузки находится в пределах 100 Н.

Данные разрывного удлинения представлены на рисунке 4.

Из рисунка видно, что разрывное удлинение по основе меньше, чем по утку, это объясняется натяже-

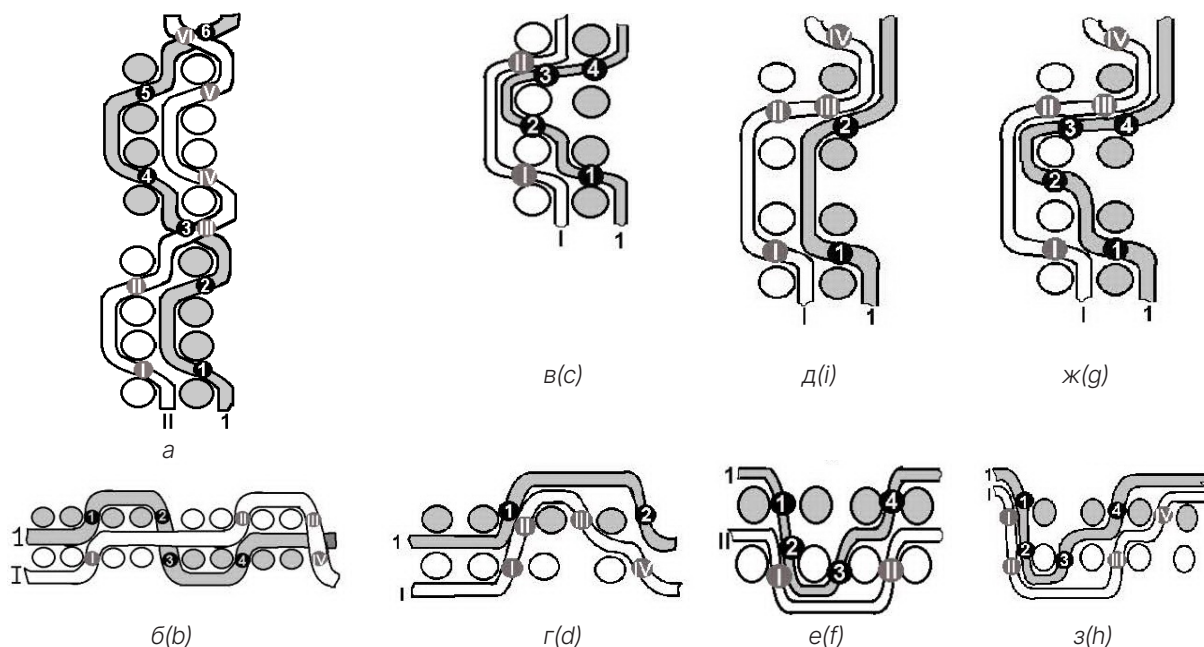


Рисунок 2 – Продольные и поперечные разрезы двухслойной ткани с разными способами соединения слоев: а, в, д, ж – продольные разрезы ткани для способов соединения слоев по контуру узора, «сверху-вниз», «снизу-вверх», комбинированный (соответственно); б, г, е, з – поперечные разрезы ткани для способов соединения слоев по контуру узора, «сверху-вниз», «снизу-вверх», комбинированный (соответственно)
Figure 2 – Model interlacing of two-layer fabric with different ways of connecting layers: a, c, i, g – longitudinal sections of fabric for methods of connecting layers along the contour of the pattern, "top-down", "bottom-up", combined (respectively); b, d, f, h – cross sections of fabric for methods of connecting layers along the contour of the pattern, "top-down", "bottom-up", combined (respectively)

Таблица 1 – Расчет коэффициента переплетения и коэффициент связанности

Table 1 – Calculation of the coefficient of interlacing and the coefficient of connectivity

Номер образца	Среднее число пересечений		Раппорт		Средняя линейная плотность, текс	Коэффициент переплетения	Коэффициент связанности
	основными нитями нитей утка утком	уточными нитями нитей основы	по основе	по утку			
Обр. 1	6	6	16	16	50	42,67	0,458
Обр. 2	3	3	8	8	50	21,33	0,917
Обр. 3	3	3	8	8	50	21,33	0,917
Обр. 4	4	4	8	8	50	16,00	1,223

Таблица 2 – Заправочные параметры ткани

Table 2 – Filling parameters of the fabric

Наименование показателей	Значение показателя	Наименование показателей	Значение показателя
Ширина суровой ткани, см	161,9	Ширина заправки по берду, см	171,5
Плотность суровой ткани:		Число зубьев берда:	
основа, нит./10 см	163	фон, шт.	1280
уток, нит./10 см	240	кромка, шт.	24/2/12/20
Номер берда, зуб/10 см	78	общее число, шт.	1338
Число нитей в зуб берда:		Количество нитей в ткани	2660
фон, нит.	2	Уработка, %	5,6
кромка, нит.	3	Притяжка, %	2,5

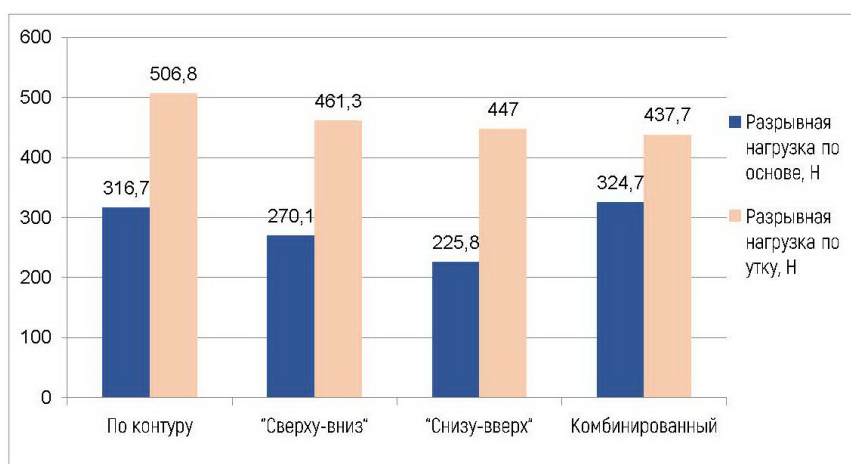


Рисунок 3 – Разрывная нагрузка ткани, N

Figure 3 – Breaking load of the fabric, N

нием и многократными деформациями нитей основы на ткацком станке. Наибольшим разрывным удлинением по основе обладает способ соединения слоев по контуру узора, а по утку – комбинированный. Образцы ткани со способами соединения слоев «сверху-вниз», «снизу-вверх» и комбинированный имеют близкие значения разрывного удлинения по основе. Интервал разброса значений разрывного удлинения по основе составляет 3,2 %, по утку 2,15 %.

Стойкость к истиранию определена в соответствии с ГОСТ 18976-73 при удельном давлении абразива на

ткань, равном 1 МПа (1 кгс/см²), при скорости вращения головки прибора – 200 об/мин. Результаты испытаний представлены на рисунке 5.

Из рисунка видно, что наилучшей стойкостью к истиранию из числа исследуемых образцов обладает образец двухслойной ткани, выполненный способом соединения по контуру узора, далее следует комбинированный и «снизу-вверх» способы соединения слоев, их средние значения находятся примерно на одном уровне, но для комбинированного способа соединения слоев разброс значений значительно больше. Наихуд-

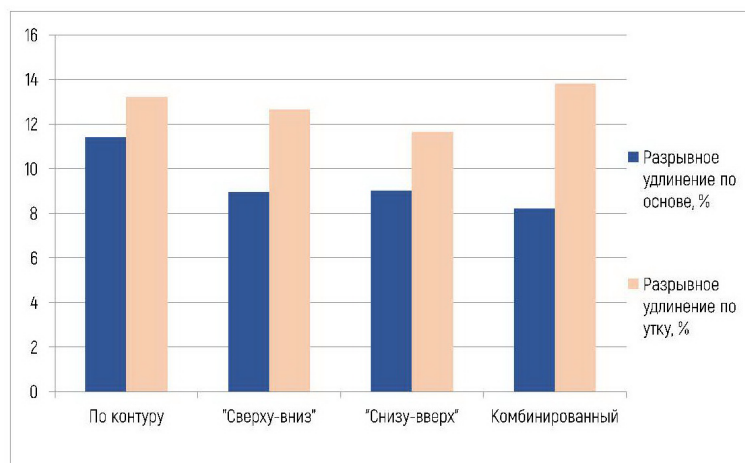


Рисунок 4 – Разрывное удлинение полоски ткани, %
Figure 4 – Discontinuous elongation of a strip of fabric, %

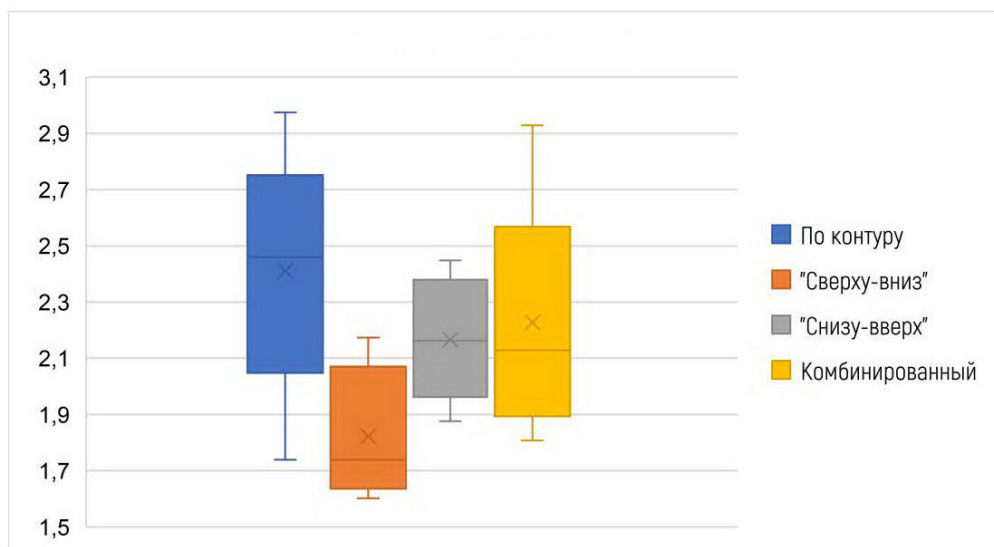


Рисунок 5 – Стойкость к истиранию, тыс. цикл.
Figure 5 – Abrasion resistance, 10³ cycles

шими показателями обладает образец со способами соединения слоев «сверху-вниз». Ткани, выполненные способами соединения «сверху-вниз» и «снизу-вверх», существенно отличаются по значению показателя стойкости к истиранию, несмотря на то что по структурным характеристикам они являются самыми близкими.

Следующим показателем, который был определен для тканей двухслойного строения, является их толщина. Испытания проведены в соответствии с ГОСТ 12023-2003. «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины» при давлении на пробу 1,0 кПа. Несмотря на то, что места измерений выбира-

лись таким образом, чтобы каждая точка измерения отражала особенности структуры, полученные результаты измерений не имеют существенных отклонений и колебаний относительно среднего, что свидетельствует о достаточно равномерной структуре переплетения. Показатель толщины определялся как для суровой, так и для готовой ткани, результаты испытаний представлены на рисунке 6.

Как видно из рисунка, толщина суровой ткани существенно (более чем в 17 раз) отличается от толщины готовой, в то время как разница в толщине суровых тканей разных способов соединения составляет 0,020 мм, то есть ткани имеют близкие значения толщины, наименьшим из которых обладает ткань со способом соединения «сверху-вниз». Для готовых тканей с разными способами соединения характерен большой разброс значений относительно среднего, который составляет 0,471 мм. Наибольшей толщиной готовой ткани обладает способ соединения слоев по контуру узора, а наименьшей – комбинированный способ, это объясняется самим переплетением, то есть отсутствием либо присутствием дополнительных связей между нитями разных систем в рамках раппорта двухслойного переплетения. В качестве заключительной отделки ткань проходила

энзимную стирку и сушку в сушильных машинах в не расправленном состоянии, что объясняет существенное увеличение толщины ткани в готовом виде для всех способов соединения слоев.

Воздухопроницаемость готовой ткани определялась в соответствии с ГОСТ 12088-77, сущность метода заключается в измерении объема воздуха, проходящего через площадь 10 см² испытуемого материала за единицу времени при разрежении под точечной пробой равном 49 Па. Результаты испытаний представлены на рисунке 7.

Воздухопроницаемость образца со способом соединения по контуру узора превосходит данный показатель для других образцов, что связано со структурой самой ткани: здесь ткань имеет полости, то есть прослойки воздуха между слоями, которые соединяются только переходами нитей из слоя в слой в контуре узора. Для прочих способов соединения средние значения примерно равны.

Усадка в процессе заключительной отделки определялась в соответствии со стандартными методиками как среднее арифметическое значение расстояния между метками до мокрой обработки и после нее отдельно для направлений основы и утка. Значения усадки ткани

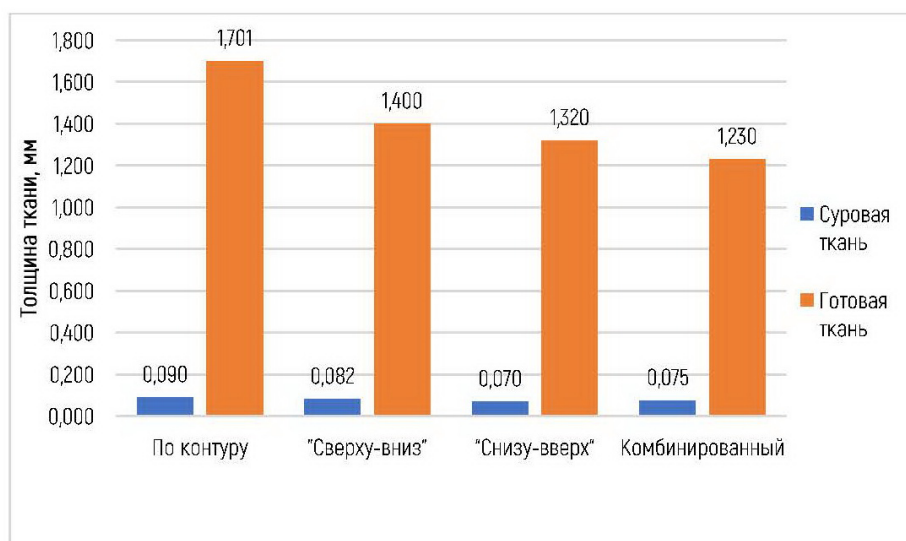


Рисунок 6 – Толщина ткани, мм
Figure 6 – Fabric thickness, mm

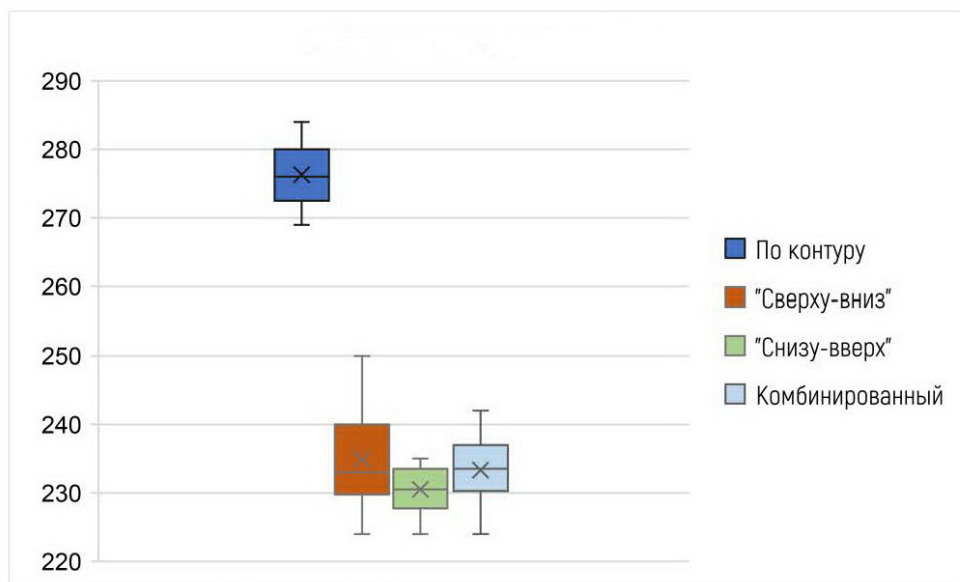


Рисунок 7 – Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$
Figure 7 – Air permeability, $\text{dm}^3/\text{m}^2\text{s}$

имеют высокий приоритет при проектировании штучных изделий особенно при данном способе заключительной обработки, так как от нее напрямую зависит величина отреза суровой ткани на единицу изделия и величина припусков на подрубку. Данные усадки представлены на рисунке 8.

В процессе enzymной стирки ткани с разными способами соединения слоев ведут себя по-разному: усадка по основе у ткани способа соединения по контуру узора выше, чем у других, а по утку ниже. Ткань комбинированного способа имеет максимальную усадку по утку и минимальную по основе. При проектировании ткани с использованием двухслойных переплетений необходимо учитывать факт разной усадки в переплетениях с различными способами соединения слоев путем равномерного расположения равных участков переплетений по длине и ширине, чтобы избежать волнистых краев и перекоса изделия.

Так как заправочные параметры всех образцов идентичны, а значения усадки тканей, выполненных указанными на рисунке 1 переплетениями, существенно отличаются, то значения поверхностной плотности тка-

ни, представленные на рисунке 9, также различны.

Образец, выполненный способом соединения по контуру узора, имеет максимальное значение поверхностной плотности превосходящее на $50 \text{ г}/\text{м}^2$ образцы способов соединения слоев «сверху-вниз» и «снизу-вверх», значение усадки которых идентичны, а образец ткани с комбинированным способом имеет минимальную поверхностную плотность за счет того, что является более устойчивой структурой, имеющей дополнительные пересечения и нитей основы и нитей утка разных систем, что препятствует его усадке, и как следствие сохраняет его размеры в готовом виде, что влечет к меньшему расходу основы и утка.

Анализ полученных результатов

Таким образом, установлено, что для тканей, наработанных с использованием разных способов соединения слоев, исследованные показатели физико-механических свойств несколько отличаются друг от друга. Вопрос о степени значимости данных различий остается открытым. Так как значения показателей разрывной нагрузки соответствуют всем условиям, предъявляемым к критерию Краскела-Уоллиса, оценка значимости разли-

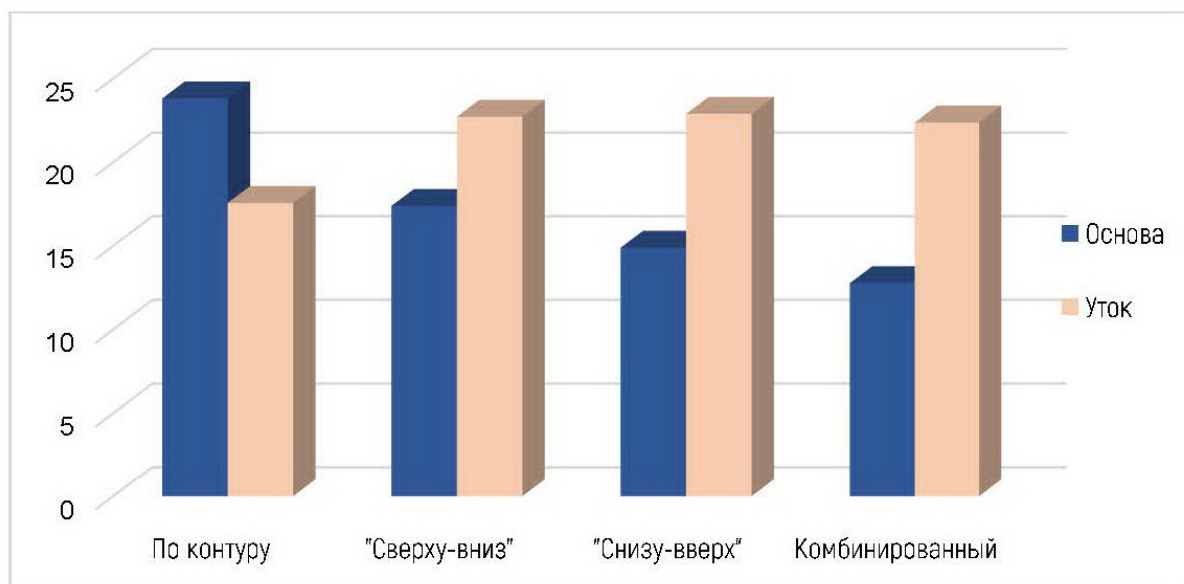


Рисунок 8 – Усадка в процессе заключительной отделки, %
Figure 8 – Shrinkage during the final finishing process, %

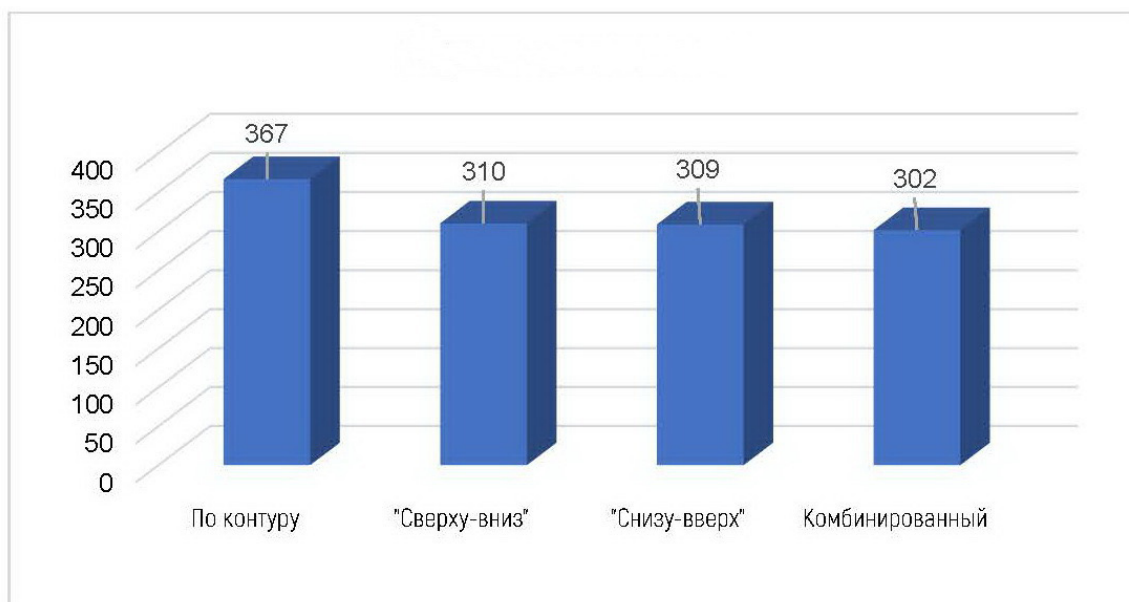


Рисунок 9 – Поверхностная плотность, г/м²
Figure 6 – Surface density, g/m²

чий средних значений разрывной нагрузки выполнена с его использованием. В таблице 3 и таблице 4 представлен расчет критерия Краскела-Уоллиса.

Так же, как и для полоски ткани, выкроенной по направлению нитей основы, способ соединения слоев влияет на разрывную нагрузку ткани по утку.

В таблице 5 представлены данные расчета критерия Краскела-Уоллиса для стойкости к истиранию.

Критическое значение критерия Краскела-Уоллиса для четырех выборок в каждой из которых по шесть испытаний при уровне доверительной вероятности $\alpha = 0,05$ составляет 7,501. Расчетное значение критерия выше критического, поэтому стойкость к истиранию образца ткани двухслойного строения зависит в том числе и от способа соединения слоев.

Однофакторный дисперсионный анализ выборок толщины суровых тканей показал, что выборки имеют дисперсию до $6,67 \cdot 10^{-7}$, стандартная ошибка находится в интервале от 0,000211 до 0,000285, уровень надежности составляет 0,01, для толщины готовой ткани дисперсия существенно выше, максимальная составляет 0,000188;

стандартная ошибка до 0,004336, уровень надежности остается равным 0,01. Сумма рангов и значение критерия представлены в таблице 6.

На основании представленных данных, можно сделать вывод, что способ соединения слоев влияет на толщину и суровой, и готовой ткани.

В таблице 7 представлены данные расчета критерия Краскела-Уоллиса для воздухопроницаемости.

Как и прочие свойства, воздухопроницаемость для разных способов соединения слоев различается.

Таким образом, так как для каждого из рассмотренных физико-механических свойств значение критерия Краскела-Уоллиса больше, чем критическое, нулевая гипотеза отклоняется. Однако обоснование статистической значимости различий средних значений выборок не дает ответа на вопрос использования наиболее рационального способа соединения слоев, поэтому следующие оценки показателей физико-механических свойств объединены в таблицу (таблица 8): разрывная нагрузка, разрывное удлинение, стойкость к истиранию, воздухопроницаемость, наличие пороков внешнего вида, вместо

Таблица 3 – Разрывная нагрузка по основе

Table 3 – Breaking load of the warp

Номер эксперимента	Разрывная нагрузка по основе, H							
	Образец № 1		Образец № 2		Образец № 3		Образец № 4	
	значение	ранг	значение	ранг	значение	ранг	значение	ранг
1	306	22	251	11	233	10	337	40
2	320	28,5	275	17	224	4	310	24,5
3	328	36,5	260	13	218	1,5	327	35
4	300	21	295	20	228	7	325	31,5
5	310	24,5	252	12	221	3	307	23
6	325	31,5	277	18,5	232	8,5	332	39
7	320	28,5	273	16	218	1,5	328	36,5
8	315	26	270	14	225	5	325	31,5
9	325	31,5	277	18,5	232	8,5	330	38
10	318	27	271	15	227	6	326	34
Среднее	316,7		270,1		225,8		324,7	
Сумма рангов		277		155		55		333
Критерий Краскела-Уоллиса	34,07415							

Таблица 4 – Разрывная нагрузка по утку

Table 4 – Breaking load of the weft

Номер эксперимента	Разрывная нагрузка по утку, <i>H</i>							
	Образец № 1		Образец № 2		Образец № 3		Образец № 4	
	значение	ранг	значение	ранг	значение	ранг	значение	ранг
1	530	39,5	470	28,5	440	9,5	440	9,5
2	515	38	420	1,5	445	12,5	420	1,5
3	460	22,5	476	30	450	17	460	22,5
4	530	39,5	480	31	453	19	430	5
5	488	32	440	9,5	426	4	421	3
6	512	36,5	469	27	455	21	446	14
7	508	35	465	26	451	18	440	9,5
8	506	33	461	24	447	15	437	6
9	512	36,5	470	28,5	454	20	445	12,5
10	507	34	462	25	449	16	438	7
Среднее	506,8		461,3		447		437,7	
Сумма рангов		346,5		231		152		90,5
Критерий Краскела-Уоллиса	26,793							

Таблица 5 – Стойкость к истиранию

Table 5 – Abrasion resistance

Номер эксперимента	Стойкость к истиранию, тыс. цикл.							
	Образец № 1		Образец № 2		Образец № 3		Образец № 4	
	значение	ранг	значение	ранг	значение	ранг	значение	ранг
1	2,97	24	1,60	1	2,45	19,5	2,93	23
2	1,74	4	2,04	11	1,88	7	1,81	6
3	2,52	21	1,76	5	2,13	12	1,92	8
4	2,68	22	2,17	14	2,36	17	1,94	9
5	2,15	13	1,72	3	1,99	10	2,45	19,5
6	2,40	18	1,65	2	2,20	15	2,31	16
Среднее	2,412		1,82		2,17		2,23	
Сумма рангов		102		36		80,5		81,5
Критерий Краскела-Уоллиса	7,742							

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Таблица 6 – Толщина суровой и готовой ткани

Table 6 – Thickness of the harsh and finished fabric

Номер эксперимента	Ранг показателя толщины суровой ткани				Ранг показателя толщины готовой ткани			
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
1	31,5	21	5	11	33	22	19,5	1,5
2	35,5	25	5	15	39	24	18	1,5
3	35,5	25	5	19,5	40	27,5	11,5	9
4	31,5	25	5	15	34	29	11,5	5,5
5	35,5	29,5	9,5	19,5	35	25	13	8
6	39,5	29,5	5	15	31	27,5	19,5	5,5
7	35,5	25	5	15	36,5	26	14,5	3
8	35,5	25	5	15	38	23	16,5	5,5
9	39,5	25	9,5	15	36,5	21	16,5	10
10	35,5	25	1	15	32	30	14,5	5,5
Сумма рангов	355	255	55	155	355	255	155	55
Критерий Краскела-Уоллиса	20,70732				36,58537			

Таблица 7 – Воздухопроницаемость

Table 7 – Air permeability

Номер эксперимента	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$							
	Образец № 1		Образец № 2		Образец № 3		Образец № 4	
	значение	ранг	значение	ранг	значение	ранг	значение	ранг
1	276	35,5	243	29	233	17,5	237	25
2	269	31	250	30	235	21,5	231	11,5
3	273	33	232	14,5	229	8	235	21,5
4	284	40	230	10	227	4	228	5,5
5	278	37	234	19	233	17,5	232	14,5
6	271	32	231	11,5	232	14,5	232	14,5
7	276	35,5	229	8	224	2	242	28
8	274	34	237	25	228	5,5	237	25
9	283	39	224	2	229	8	235	21,5
10	279	38	239	27	235	21,5	224	2
Среднее	276,3		234,9		230,5		233,3	
Сумма рангов		355		176		120		169
Критерий Краскела-Уоллиса	23,31366							

Таблица 8 – Оценка показателей физико-механических свойств тканей разных способов соединения

Table 8 – Assessment of indicators of the physical and mechanical properties of tissues of different connection methods

Свойство	Оценка свойства, баллов			
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Разрывная нагрузка по основе	3	2	1	4
Разрывная нагрузка по утку	4	3	2	1
Разрывное удлинение по основе	4	2	3	1
Разрывное удлинение по утку	3	2	1	3
Стойкость к истиранию	4	1	2	3
Воздухопроницаемость	4	3	1	2
Пороки внешнего вида	2	1	2	2
Усадка по основе	1	2	3	4
Усадка по утку	4	2	1	3
Итого баллов	29	18	16	23

их фактических значений выставлены ранги, где наилучшему значению соответствует максимальный ранг, по сумме рангов определен способ соединения слоев, который обладает большим количеством наилучших значений показателей физико-механических свойств. Показатель толщины ткани и ее поверхностной плотности в данную таблицу не входит, так как их рациональное значение зависит исключительно от назначения ткани или штучного изделия.

Таким образом, наилучшими свойствами обладает образец, выработанный способом соединения слоев по контуру узора, который по пяти из девяти пунктов имеет максимальные значения баллов и проигрывает остальным способам только по одному – по усадке по основе. Далее по рейтингу следует образец ткани, выполненный комбинированным способом соединения, он имеет две максимальные и две минимальные оценки, наихудшим с точки зрения физико-механических свойств является способ «снизу-вверх», который несущественно проигрывает способу «сверху-вниз».

Выводы

1. Ткани, наработанные на одном ткацком станке с одинаковыми заправочными параметрами, с применением определенного равноусиленного переплетения на лицевой и изнаночной стороне, из одной и той же пряжи, используемой в качестве основы и утка, отдел-

ку ткани в одинаковых условиях в рамках одной партии и отличающиеся только способом соединения слоев в двухслойной ткани, отличаются по показателям физико-механических свойств. Анализ результатов показал, что данные различия являются статистически значимыми. Это утверждение справедливо для суровой и для готовой ткани, заключительная отделка увеличивает разницу в средних значениях показателей физико-механических свойств.

2. Использование разных способов соединения слоев в штучном изделии при применении в качестве заключительной отделки энзимной стирки требует тщательного проектирования рисунка, а именно равномерного размещения участков с разными способами соединения по длине и ширине ткани, с целью предотвращения неравномерной ее усадки, приводящей к ухудшению внешнего вида изделия.

3. В практике проектирования могут использоваться разные способы соединения слоев в двухслойной ткани, так как все они дают допустимые требованиями значения показателей. Лучшими физико-механическими свойствами обладает образец со способом соединения слоев по контуру раппорта двухслойного переплетения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Белявская, А.А. и Заец, Е.А. (2019). Исследование потребительских свойств современных шерстяных тканей. *Материалы XVII межвузовской научно-практической конференции студентов и аспирантов «Молодежь, наука, творчество – 2019»*: 22–23 мая 2019 года. – С. 174–178.

Бондарева, Е.В., Кукушкина, Ю.М. и Бондаренко, А.В. (2020). Определение уровня качества и конкурентоспособности льняных тканей. *Материалы докладов 53-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*: Том 2, 22 апреля 2020 года, С. 139–141.

Буланов, Я.И., Курденкова, А.В., Бондарчук, М.М. и Грязнова, Е.В. (2021). Оценка уровня качества мебельных тканей после износа от истирания. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. № 5(395), С. 67–72.

Виноградова, Н.А. и Плеханова, С.В. (2020). Сравнительный анализ показателей физико-механических свойств тканей специального назначения. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. Т. 10, № 1-1, С. 32–37.

Дамянов, Г.Б., Бачаев, Ц.З. и Сурнина, Н.Ф. (1984). *Строение тканей и современные методы ее проектирования*, Москва. : «Легкая и пищевая промышленность», Российская Федерация.

Лапшин, В.В., Смирнова, Н.А., Замышляева, В.В. и Шеромова, И.А. (2021). Исследование и прогнозирование устойчивости структуры льняных костюмно-платьевых тканей. Территория новых возможностей. *Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса*. Т. 13, № 1, С. 163–170.

Мартынова А.А. и Черникина, Л.А. (1976). *Лабораторный практикум по строению и проектированию тканей. Учебное пособие для высших учебных заведений текстильной промышленности*, Москва. : «Легкая индустрия», Российская Федерация.

Николаев, С.Д., Михеева, Н.А. и Парфенов, О.В. (2008). Влияние вида переплетения на параметры строения тканей. *Технология текстильной промышленности*, № 2 (307), С. 59–60.

Николаев, С.Д., Палагина, И.В. и Матраков, Р.Е. (2015). Исследование строения и свойств хлопчатобумажных тканей. *Технология текстильной промышленности*. № 2 (356), С. 64–69.

Полякова, Л.П. и Примаченко, Б.М. (2003). Исследование влияния переплетения на процесс формирования ткани на ткацком станке. *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, № 1 (270), С. 69–72.

Полякова, Л.П. и Примаченко, Б.М. (2007). Исследование влияния переплетения основных и уточных нитей на прочностные и гигиенические свойства однослойных тканей. *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, № 1 (300), С. 77–82.

Скворцова, Д.М. и Плеханова, С.В. (2023). Изучение потребительских свойств шерстяных тканей пальтового назначения. *Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК)*. № 1, С. 805–808.

Сперриер, Дж.Д. (2003). О нулевом распределении статистики Краскала–Уоллиса. *Журнал непараметрической статистики*, № 15(6), С.685–691.

Унгуриян, Т.Н. и Гржибовский, А.М. (2014). Сравнение трех и более независимых групп с использованием непараметрического критерия Краскала Уоллиса в программе Statistica. *Экология человека*. № 6, С. 55–58.

Шипова, С.Е., Куклина, Е.С. и Новосад, Т.Н. (2023). Характеристики и свойства ткани из конопли. *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*. № 1, С. 222–223.

Akgun, M., Becerir, B. and Alpay, H.R. (2010). Assessing the relationship among fabric constructional parameters, fractional reflectances and cover factors of polyester fabrics by experimental and mathematical methods, *Fibers and Polymers*. Vol. 11, P. 291–302.

Das, S., Ghosh, A. and Banerjee, D. (2013). Engineering design of woven fabrics using non-traditional optimization methods: a comparative study. *Fibers and Polymers*, № 14(9), P. 1562–1567.

Turmanov, I., Qidirbaeva, Ja. and Tolibaeva, Sh. (2023). Analysis of mechanical properties of technical fabric of new composition. *Universum: технические науки*, № 5-7(110), P. 38–41.

REFERENCES

Belyavskaya, A.A. and Zaets, E.A. (2019). Research of consumer properties of modern woolen fabrics [Issledovanie potrebitel'skikh svoystv sovremennykh sherstyannykh tkanej]. *Materialy XVII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i aspirantov «Molodezh', nauka, tvorchestvo – 2019» = Materials of the XVII interuniversity scientific and practical conference of students and postgraduates "Youth, science, creativity – 2019"*: May 22–23, 2019. – pp. 174–178 [In Russian].

Bondareva, E.V., Kukushkina, Yu.M. and Bondarenko, A.V. (2020). Determination of the level of quality and competitiveness of linen fabrics [Opredelenie urovnya kachestva i konkurentosposobnosti l'nyanykh tkanej]. *Materialy dokladov 53-j Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferencii prepodavatelej i studentov: Tom 2, 22 aprelya 2020 goda = Materials of the reports of the 53rd International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students: Volume 2, April 22, 2020*, pp. 139–141 [In Russian].

Bulanov, Ya.I., Kurdenkova, A.V., Bondarchuk, M.M. and Gryaznova, E.V. (2021). Assessment of the quality level of furniture fabrics after wear from abrasion Proceedings of higher educational institutions [Ocenka urovnya kachestva mebel'nykh tkanej posle iznosa ot istiraniya Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, No. 5(395), pp. 67–72 [In Russian].

Vinogradova, N.A. and Plekhanova, S.V. (2020). Comparative analysis of indicators of physical and mechanical properties of special purpose fabrics. [Sravnitel'nyy analiz pokazatelej fiziko-mekhanicheskikh svoystv tkanej special'nogo naznacheniya]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra = Economics: Yesterday, Today, Tomorrow*. Vol. 10, No. 1-1, pp. 32–37 [In Russian].

Damyanov, G.B., Bachaev, Ts.Z. and Surnina, N.F. (1984). *Stroenie tkanej i sovremennyye metody ee proektirovaniya* [The structure of fabrics and modern methods of its design], Moscow: "Light and food industry", Russian Federation [In Russian].

Lapshin, V.V., Smirnova, N.A., Zamyshlyayeva, V.V. and Sheromova, I.A. (2021). Research and forecasting of the stability of the structure of linen suit and dress fabrics [Issledovanie i prognozirovaniye ustojchivosti struktury l'nyanykh kostyumno-plat'evykh tkanej]. The territory of new opportunities. *Bulletin of the Vladivostok State University of Economics and Service = Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa*. Vol. 13, No. 1., pp. 163–170 [In Russian].

Martynova A.A. and Chernikina, L.A. (1976). *Laboratornyy praktikum po stroeniyu i proektirovaniyu tkanej. Uchebnoe posobie dlya vysshikh uchebnykh zavedenij tekstil'noj promyshlennosti* [Laboratory workshop on the structure and design of tissues. Textbook for higher educational institutions of the textile industry], Moscow: "Light Industry", Russian Federation [In Russian].

Nikolaev, S.D., Mikheeva, N.A. and Parfenov, O.V. (2008). The influence of the type of weave on the parameters of the structure of tissues. [Vliyaniye vida perepleteniya na parametry stroeniya tkanej]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, No. 2 (307), pp. 59–60 [In Russian].

Nikolaev, S.D., Palagina, I.V. and Mastrakov, R.E. (2015). Investigation of the structure and properties of cotton fabrics. [Issledovanie stroeniya i svoystv hlochatobumazhnykh tkanej]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, No. 2 (356), pp. 64–69. [In Russian].

Polyakova, L.P. and Primachenko, B.M. (2003). Investigation of the influence of weaving on the process of fabric formation on a loom. *Izv. universities. [Issledovanie vliyaniya perepleteniya na process formirovaniya tkani na tkackom stanke]. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, No. 1, pp. 69–72 [In Russian].

Polyakova, L.P. and Primachenko, B.M. (2007). Investigation of the influence of the interweaving of basic and weft threads on the strength and hygienic properties of single-layer fabrics. [Issledovanie vliyaniya perepleteniya osnovnykh i utochnykh nitej na prochnostnye i gigienicheskie svoystva odnoslojnykh tkanej]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, No. 1 (300), pp. 77–82 [In Russian].

Skvortsova, D.M. and Plekhanova, S.V. (2023). Study of consumer properties of woolen fabrics for coat purposes. [Izucheniye potrebitel'skikh svoystv sherstyannykh tkanej pal'tovogo naznacheniya]. *Molodye uchenyye – razvitiyu Nacional'noj tekhnologicheskoy iniciativy (POISK) = Young scientists – development of the National Technology Initiative*

(*POISK*). No. 1, Pp. 805–808 (In Russian).

Spurrier, J.D. (2003). On the zero distribution of the Kruskal–Wallis statistics [O nulevom raspredelenii statistiki Kraskala–Uollisa]. *Zhurnal neparametricheskoj statistiki = Journal of Nonparametric Statistics*, No. 15(6), pp.685–691 (In Russian).

Ungureanu, T.N. and Grzybowski, A.M. (2014). Comparison of three or more independent groups using the nonparametric Kruskal Wallis criterion in the Statistica program [Sravnenie trekh i bolee nezavisimyh grupp s ispol'zovaniem neparametricheskogo kriteriya Kraskela Uollisa v programme Statistica]. *Ekologiya cheloveka = Human ecology*. No. 6, pp. 55–58 (In Russian).

Shipova, S.E., Kuklina, E.S. and Novosad, T.N. (2023). Characteristics and properties of hemp fabric. [Harakteristiki i svojstva tkani iz konopli]. *Fizika volknistykh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX) = Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX)*. No. 1, pp. 222–223 (In Russian).

Akgun, M., Becerir, B. and Alpay, H.R. (2010). Assessing the relationship among fabric constructive parameters, fractional reflections and cover factors of polyester fabrics by experimental and mathematical methods. [Assessing the relationship among fabric constructional parameters, fractional reflectances and cover factors of polyester fabrics by experimental and mathematical methods]. *Fibers and Polymers = Fibers and Polymers*. Vol. 11, pp. 291–302.

Das, S., Ghosh, A. and Banerjee, D. (2013). Engineering design of woven fabrics using non–traditional optimization methods: a comparative study. [Engineering design of woven fabrics using non–traditional optimization methods: a comparative study]. *Fibers and Polymers = Fibers and Polymers*, No. 14(9), pp. 1562–1567.

Turmanov, I., Qidirbaeva, Ja. and Tolibaeva, Sh. (2023). Analysis of mechanical properties of technical fabric of new composition. [Analysis of mechanical properties of technical fabric of new composition]. *Universum: tekhnicheskie nauki = Universum: Technical Sciences*, No. 5-7(110), P. 38–41.

Информация об авторах

Information about the authors

Милеева Екатерина Сергеевна

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: kati.mileeva@gmail.com

Katsiarina S. Mileeva

Candidate of Sciences (in Engineering), Senior Lecturer of the Department "Fashion Design and Fashion", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: kati.mileeva@gmail.com

**Технология получения двухсторонних тканей на базе структуры
трехуточного гобелена****Г. В. Казарновская,
Ю. Н. Пархимович***Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Аннотация. Работа посвящена технологии изготовления текстильной сувенирной продукции по мотивам слуцких поясов, не имеющей аналогов в мировой практике, включающей проектирование структуры двухстороннего трехуточного гобелена, разработку модельных переплетений, технического рисунка, программирование работы жаккардовой машины, челночных коробок, товарного регулятора. Целью работы является создание технологии получения тканей нового вида на уникальном ткацком станке, конструкция которого предназначена для воспроизведения копий слуцких поясов. Актуальность работы отражена в необходимости изучения, сохранения и развития уникальных техник ткачества, существовавших на территории Беларуси, и их адаптация к современному производству.

Структура спроектированного изделия обоснована: это трехуточный гобелен, который имеет различные по своему характеру рисунки на внешних сторонах, причем одна из сторон является одноцветной, где рисунок считается исключительно за счет рельефа, а вторая – двухцветной, с узором, образованным двумя другими утками. Наличие в структуре двухстороннего гобелена трех утков и исключение их перехода с одной стороны на другую позволили снять ограничения в характере рисунков на внешних сторонах и тем самым разнообразить художественно-колористическое оформление и качество тканого изделия. Эскизы ткани отрисованы вручную и оцифрованы в программе Adobe Photoshop, в которой также разработан технический рисунок.

Для шести цветовых эффектов технического рисунка, каждый из которых соответствует имеющимся в изделии различным взаимным расположениям элементов рисунков внешних сторон гобелена («контур-контур», «контур-узор», «узор-контур», «узор-узор», «фон-контур», «фон-узор») разработаны модельные переплетения. Линейный рисунок на стороне гобелена, образованной одним видом утка, усилен наличием рельефа, который создается использованием в контуре и на площади узора переплетений с различной длиной уточного перекрытия. В основах и утках изделия применены нити различного сырьевого состава и линейной плотности: утки – полиэфирная нить линейной плотностью 16, 6 текс; настольная основа – полиэфирная текстурированная нить линейной плотностью 25 текс; прижимная основа – натуральная шелковая нить линейной плотностью 10 текс.

Технология реализована на современном шестичелночном ткацком станке фирмы Mageba (Германия), оснащенном жаккардовой машиной Stäubli, на РУП «Слуцкие пояса», что привело к решению актуальной задачи производства по созданию востребованной сувенирной продукции нового вида на базе белорусской национальной символики.

Ключевые слова: технология, трехуточный гобелен, технический рисунок, модельные переплетения, компьютерное проектирование, ассортимент сувенирной продукции.

Информация о статье: поступила 10 сентября 2024 года.

**Technology for producing double-sided fabrics based on the structure
of a three-weft tapestry****Galina V. Kazarnovskaya,
Yuliana N. Parkhimovich***Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus*

Abstract. The work is devoted to the technology of manufacturing textile souvenir products based on Slutsk belts, which has no analogues in world practice, including the design of the structure of a double-sided three-weft tapestry, the development

of model weaves, technical drawing, programming the operation of a jacquard machine, shuttle boxes, and a product regulator. The purpose of the work is to create a technology for obtaining new types of fabrics on a unique weaving loom, the design of which is intended to reproduce copies of Slutsk belts. The relevance of the work is reflected in the need to study, preserve and develop unique weaving techniques that existed in Belarus, and their adaptation to modern production. The structure of the designed product is as follows: it is a three-veft tapestry, which has different patterns on the outer sides, with one side being one-color, where the pattern is visible exclusively due to the relief, and the second side is two-color, with a pattern formed by two other wefts. The presence of three wefts in the structure of the double-sided tapestry and the exclusion of their transition from one side to the other removes restrictions on the nature of the patterns on the outer sides, thereby diversifying the artistic and coloristic design and quality of the woven product. The fabric sketches were drawn by hand and digitized in Adobe Photoshop, where the technical drawing was also developed.

Model weaves were developed for the six color effects of the technical drawing, each of which corresponds to the various mutual arrangements of the elements of the patterns of the outer sides of the tapestry available in the product ("contour-contour", "contour-pattern", "pattern-contour", "pattern-pattern", "background-contour", "background-pattern"). The linear pattern on the side of the tapestry formed by one type of weft is enhanced by the presence of relief, which is created by using weaves with different lengths of weft overlap in the contour and on the area of the pattern. The warps and wefts of the product use threads of different raw material composition and linear density: wefts – polyester thread with a linear density of 16.6 tex; spreading warp – polyester textured thread with a linear density of 25 tex; pressing warp – natural silk thread with a linear density of 10 tex.

The technology is implemented on a modern six-shuttle weaving machine from Mageba (Germany), equipped with a Stäubli jacquard machine, at the Slutsk Belts factory, which has led to the solution of the urgent production problem of creating popular souvenir products of a new type based on Belarusian national symbols.

Keywords: technology, three-veft tapestry, technical drawing, model weaves, computer design, assortment of souvenir products.

Article info: received September 10, 2024.

Введение

Целью настоящей работы является создание технологии получения тканей нового вида на уникальном ткацком станке, конструкция которого предназначена для воспроизведения копий слущких поясов, являющихся символом национальной культуры Беларуси. Ограниченная заправочная ширина станка, равная 50 см, требует индивидуального подхода к решению задач для реализации поставленной цели, которые позволили бы использовать имеющуюся заправку дорогостоящего оборудования в производстве сложных по структуре тканей. Отсюда вытекает актуальность работы, которая связана с сохранением непревзойденных техник ручного ткачества и национальных символов страны в современных текстильных изделиях.

В настоящее время большое внимание уделяется проектированию текстильных материалов с заданными свойствами и характеризующихся наличием на поверхности всевозможных эффектов, получение которых требует совершенствования существующих структур тканей и разработки новых, как простых, так и слож-

ных, путем внедрения новых технологий их получения (Pavlihina & Sumarukova, 2011; Kerimov & Postnikov, 2015; Miroshnichenko, Tolubeeva, Korobov & Kulida, 2017). Многие исследования посвящены проектированию двухслойных узорных тканей с использованием техник народного ткачества на ручных станках (Koltysheva & Mariev, 2012; Koltysheva & Mariev, 2013), особый интерес представляет разработка технологий получения тканей сложных структур на ткацких станках, имеющих современное электронное обеспечение. С целью расширения ассортимента текстильной сувенирной продукции, производимой на современном ткацком оборудовании фирмы Mageba (Германия), предназначенном для выпуска копий исторических слущких поясов, разработаны технологии, позволяющие создавать ткани сложных структур, таких как полые (Пархимович и Казарновская, 2020), двойной ширины (Казарновская и Пархимович, 2019), без перезаправки станка. Такой вид ткани, как гобелен, позволяет добиваться сложных многоцветных рисунков на поверхности изделий (Акиндинова, 2012; Акиндинова и Тихонова, 2021). Особого

внимания заслуживает структура уточного гобелена, которая послужила базой для создания копий слущких поясов и которая применена для разработки авторской коллекции двухуточных двулицевых и двухсторонних шарфов (Казарновская, Пархимович и Абрамович, 2019). В работе решается задача по улучшению художественно-колористического оформления, повышению качества двухсторонних уточных гобеленов за счет введения в структуру третьего утка. Это позволит, с одной стороны, получать на внешних сторонах не только одноцветные рельефные рисунки, но и разнообразить их за счет колорита, и, с другой стороны, повысить устойчивость шелковой ткани к появлению раздвижек.

При создании дизайна для двухстороннего гобелена необходимо принимать во внимание следующее: один и тот же цвет не может присутствовать одновременно на обеих сторонах, поскольку он формируется утком одного вида. Для соблюдения этого условия при проектировании рисунков не вызывает затруднения применение геометрических форм, но в связи с тем, что в слущких поясах использовались, в основном, природные мотивы, принято один из трех утков применить в рисунке на одной из сторон гобелена, два других – на другой.

Методы и средства исследования

Выдвинута гипотеза о том, что на шестичелночном ткацком станке, предназначенном для изготовления копий слущких поясов, возможно получить двухсторонние жаккардовые ткани в технике уточного гобелена с различными рисунками на внешних сторонах. С целью разработки технологии получения данных тканей использованы следующие универсальные эмпирические и теоретические методы научного исследования:

- анализ рисунков в двухсторонних тканях, в результате которого установлено преобладание геометрических мотивов, поскольку они упрощают механизм воспроизведения орнамента в текстильном изделии;
- сравнение образцов тканей с различным числом утков, в результате чего определено минимальное их количество, при котором возможно получить на внешних сторонах рисунки с растительными мотивами, отличающиеся по виду и колориту, и при котором снижается расход дорогостоящего сырья на производство текстильного изделия по сравнению с шестиуточным гобеленом;
- обобщение условий формирования узоров на внешних сторонах ткани, благодаря чему установлен рациональный порядок расположения утков в структуре гобелена, что позволило снять ограничения в характере

рисунков и достичь их разнообразия.

Возможность производства двухсторонних гобеленовых текстильных изделий с минимальным количеством утков, обеспечивающих наличие в узорах на внешних сторонах ткани различных природных мотивов, доказана экспериментально.

Анализ исторических образцов слущких поясов

Сувенирная продукция – одно из направлений развития туристической отрасли, а слущкие пояса – один из самых популярных и узнаваемых символов Республики Беларусь, что делает текстильную продукцию по их мотивам актуальной как среди жителей, так и среди гостей страны.

В XVII веке особую популярность в Речи Посполитой обрели тканые пояса, они являлись важным элементом «кунтушовага» строя мужского костюма шляхты. В это время велся активный импорт восточных и азиатских тканей, что объясняет высокий интерес аристократии к богато украшенным шелковым изделиям. С течением времени в Речи Посполитой стали появляться предприятия восточного типа – персиарни, где работали зарубежные мастера и производились ткани по зарубежным образцам. Одна из первых таких мануфактур была основана в Бродах (сейчас территория Украины) в 1629 году, значительно позже, в 1740-х – в Станиславе (сейчас Ивано-Франковск, Украина) (Yanitskaya, 2006). Постепенно обучались деталям производства местные ремесленники, ткани и пояса приобретали местные особенности в орнаментике и колоритах. Однако именем нарицательным, которое знакомо не только исследователям, но и большинству жителей Беларуси, Польши, Литвы, Украины и других стран, стали именно слущкие пояса, история которых началась в 1730-1740-х годах, когда Героним Флориан и Михаил Казимир Радзивиллы решили основать текстильные предприятия в Слуцке и Несвиже. В Несвиж был приглашен опытный специалист Ян Маджарский, в 1760-х две мануфактуры объединяют в городе Слуцке и передают в аренду мастерам: сначала Яну Маджарскому, а потом его сыну Левону. Организация производства, формирование ассортимента продукции, разработка рисунков также лежали на плечах Маджарских. Мануфактура получила европейскую известность, шелковые пояса, которые на ней разрабатывались, пользовались высоким спросом, их повторяли на производствах Польши, России, Франции. Уникальная технология ручного ткачества, зародившаяся на Востоке, благодаря мастерам Маджарским и местным ткачам,

была доведена до совершенства, конкурировать со Слуцкой мануфактурой другим персиарням удавалось с трудом.

Шелковый тканый пояс в мужском костюме того времени служил не только аксессуаром, но и важным маркером достатка и показателем положения в обществе его владельца. «Пас» ткался преимущественно из тонких шелковых нитей, но особо ценные экземпляры изготавливались из нитей с добавлением золота и серебра, драгоценным поясам применимы термины «литой» и «полулитой». Вопрос изучения сырьевого состава исторических экземпляров актуален и сегодня, в связи с тем, что исследователи не только продолжают изучать музейные коллекции, но и обнаруживают неизвестные ранее образцы поясов слуцкого типа на территории бывшей Речи Посполитой (Miazga, Grupa Dawid & Grupa Małgorzata, 2023; Jarosz & Grupa, 2022).

Художественные особенности, орнаментация и технология ткачества поясов слуцкого типа имеют восточные корни, однако нюансы вкусов местных заказчиков постепенно трансформировали характер рисунков ткани. На мануфактуре в Слуцке ткались пояса разнообразными и по своей орнаментике, и по структуре ткани: широкие и узкие, шелковые и с использованием золотых или серебряных нитей, имеющие несколько вариантов носки, различной длины – от 300 до 400 см. Каждый пояс имел ткацкую метку, которая подтверждала место производства, наиболее часто встречаются такие как «MEFECIT/ SŁUCIAE», «SŁUCK» (Biedrońska-Słota, 2019). Пояса имели четкую композиционную структуру, которая включала «голову», «середник», «бордюру», а по своей структуре – это уточные гобелены, которые ткались вручную. По характеру композиции в доминирующем элементе пояса, «голове», шелковые изделия можно разделить на следующие виды: пояса с медальонами, пояса с букетами, пояса с вазами, пояса с расцветающими ветвями, пояса с облаками (Lazuka, 2015). Шелковые аксессуары по своей структуре – это уточные гобелены, которые изготавливались на ручных станках с бердами, за все цветовые эффекты отвечали нити утка. Утки шли по всей ширине или на половине заправки станка, также на лицевой стороне в орнаменте концов пояса могли использоваться утки «броше», которые прокладывались только в местах узора.

Сегодня в Слуцке сохраняют и развивают традиции белорусского ткачества, на РУП «Слуцкие пояса» установлены как ручные станки – кросны, так и современное

ткацкое оборудование, в том числе уникальный шести-челночный станок фирмы Mageba (Германия), который позволяет повторить структуру исторического слуцкого пояса в условиях машинного производства (Казарновская и Абрамович, 2014; Казарновская и Абрамович, 2017). Востребованной и актуальной частью сувенирной продукции являются копии слуцких поясов и изделия по их мотивам: шарфы, пояса, чехлы для телефонов и т. д. Важной задачей для дизайнера по текстилю является перманентное расширение ассортимента тканей: работа с орнаментальным рисунком и строением тканей, а также изучение исторических экземпляров поясов.

В данной работе решено использовать как инспирацию элементы образцов поясов слуцкого типа из коллекции Метрополитен-музея (The Metropolitan Museum of Art, New York, USA), датируемых 1780-94, авторства Левона Маджарского¹. Один из поясов на концах украшает композиция с цветочными медальонами, другой – букеты. В обоих изделиях орнаментальную основу составляет растительный орнамент, как в «бордюрах», так и в «головах» поясов. «Середник» первого пояса представляет собой часть ткани, заработанную изящной одноцветной линейной чешуей, другого – поделен на горизонтальные полосы с плотным двухцветным застилом, которые чередуются с тонкой полосой в мелкий ромб.

Результаты исследований

Задача разработать двухстороннее изделие (шарф) предполагает наличие различных по характеру рисунков на внешних сторонах ткани, поэтому сделан акцент на разных по масштабу и пластике раппортах – геометрическом мелкоузорчатом и растительном крупноузорчатом. Каждая из сторон имеет раппортную клетку, повторяющуюся по всей длине изделия, то есть в основе композиции сохраняется «бордюру» и «середник», однако в случае с крупноузорчатым раппортом за основу взят мотив «головы» пояса – стилизованный цветочный букет с вертикальной симметрией. Вытянутая и наполненная ритмично повторяющимися элементами (листьями и бутонами цветов) форма окружена резной рамой-медальоном с геометрическими деталями и дублированием растительных элементов центрального мотива. Ткацкая метка «SŁUCK» присутствует на обоих концах ткани. Для гармонизации композиционного решения изделия в це-

¹ URL: Digital collection of The Metropolitan Museum of Art, [Online], <https://www.metmuseum.org/art/collection/> (Access: 02.09.2024).

лом сохранен геометрический бордюр на обеих сторонах изделия.

Орнаментальные фрагменты, интерпретации исторических мотивов отрисовываются вручную, после чего переносятся в цифровой формат с помощью сканера и дизайн уточняется в программе Adobe Photoshop, где в формате png проводится попиксельная корректировка эскиза для каждой из сторон изделия отдельно (рисунок 1).

Для воспроизведения разработанных рисунков на внешних сторонах трехугочного гобелена должно быть спроектировано шесть модельных переплетений, каждое из которых соответствует следующим взаимным расположениям различных элементов рисунка одной стороны ткани элементам другой ее стороны: «контур-контур», «контур-узор», «узор-контур», «узор-узор»,

«фон-контур», «фон-узор». На внешней стороне верхнего слоя использованы два утка, один из них формирует контур и узор, второй – фон. На внешней стороне нижнего слоя фон отсутствует, контур и узор образованы одним видом утка, третьим. В строении гобелена принимают участие две системы основных нитей – прижимная (**П**) и настилочная (**Н**) с соотношением 1:1, три системы уточных нитей с соотношением 1:1:1. В качестве прижимной основы использованы нити из натурального шелка линейной плотности 10 текс, в настилочной основе – полиэфирная текстурированная нить линейной плотности 25 текс. В утке могут применяться как натуральный шелк, так и полиэфирная нить меньшей линейной плотности по сравнению с настилочной основой. На рисунке 2 представлены модельные переплетения (а, б, в, г, д, е) и разрезы (а', б', в', г', д', е') для всех ткацких

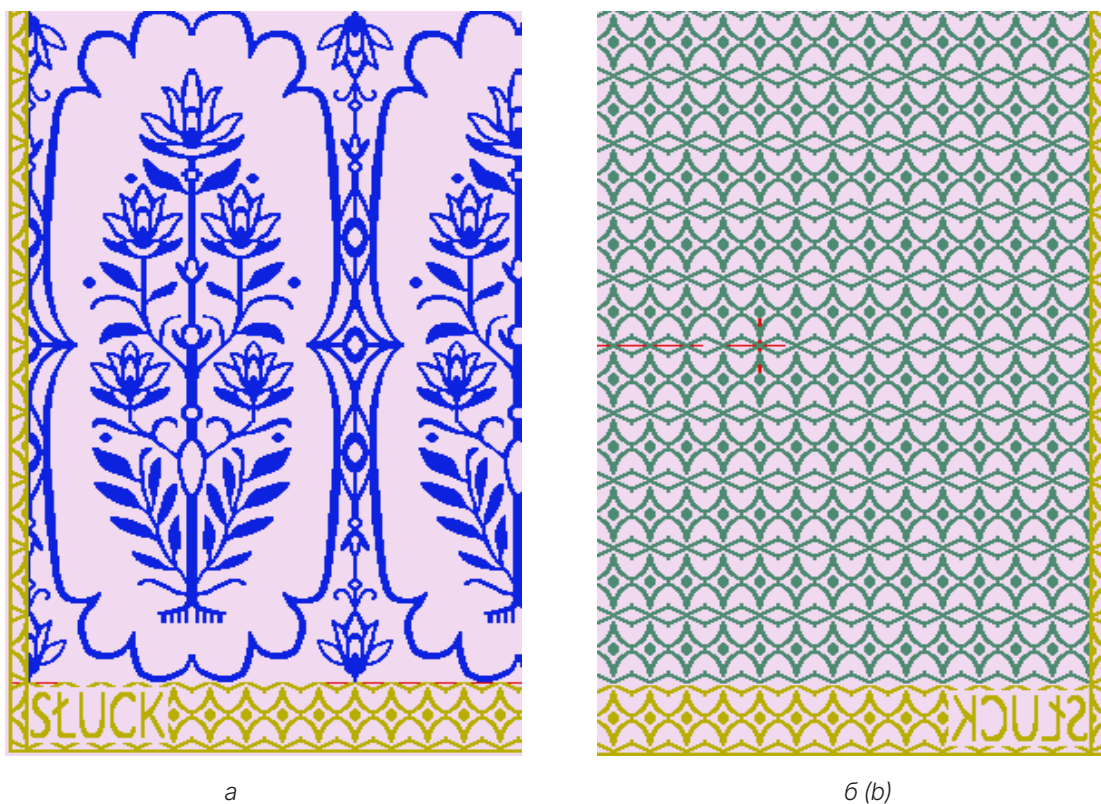


Рисунок 1 – Фрагменты эскизов орнамента по мотивам слутских поясов для внешних сторон ткани:

а) крупноузорчатый, б) мелкоузорчатый

Figure 1 – Fragments of ornament sketches based on Slutsk belts for the outer sides of the fabric:

а) large-patterned, б) small-patterned

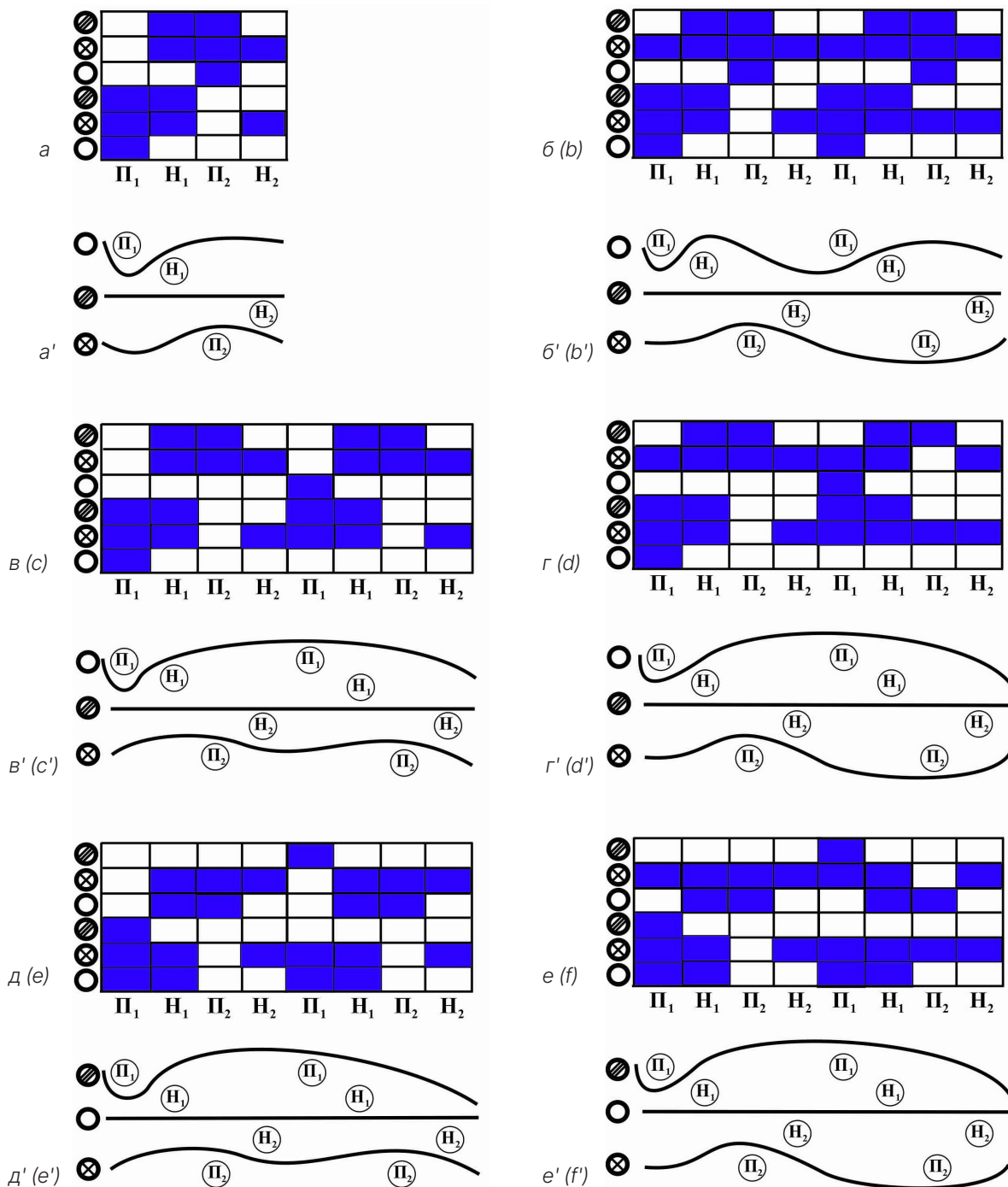


Рисунок 2 – Модельные переплетения (а, б, в, г, д, е); поперечные разрезы (а', б', в', г', д', е') для ткацких эффектов «контур-контур», «контур-узор», «узор-контур», «узор-узор», «фон-контур», «фон-узор» соответственно

Figure 2 – Model weaves (a, b, c, d, e, f); cross-sections (a', b', c', d', e', f') for weaving effects "contour-contour", "contour-pattern", "pattern-contour", "pattern-pattern", "background-contour", and "background-pattern" respectively

эффектов ткани.

При проектировании модельных переплетений на внешних сторонах ткани в узоре и в фоне использованы переплетения с длинными уточными настилами, в контуре – с короткими, что подчеркивает рисунок наличием рельефа. Это имеет наибольшее значение для внешней стороны нижнего слоя, где узор и контур образованы одним видом утка.

Из поперечных разрезов видно, что в среднем слое гобелена находится уток, не принимающий участия в образовании узора на внешних сторонах, чистота цвета в котором достигается перекрытием этого утка с обеих сторон настичной основой. Для кромок в ткани применяется репс основной 3/3, переплетение правой кромки относительно левой сдвинуто на одну нить. Раз-

работанные переплетения применялись при создании развернутого патрона, базой для которого послужил технический рисунок.

С учетом всех особенностей строения ткани создан технический рисунок, где главной задачей являлось объединение двух раппортов в один. В сокращенном патроне присутствуют шесть цветов (и дополнительный седьмой, для кромки), каждый из которых соответствует различным участкам при наложении изображений внешней стороны верхнего и внутренней стороны нижнего слоев трехточного гобелена: «контур-контур», «контур-узор», «узор-контур», «узор-узор», «фон-контур», «фон-узор» (рисунок 3).

Так как в проектируемом изделии присутствует три утка, в работе на станке необходимо использовать три

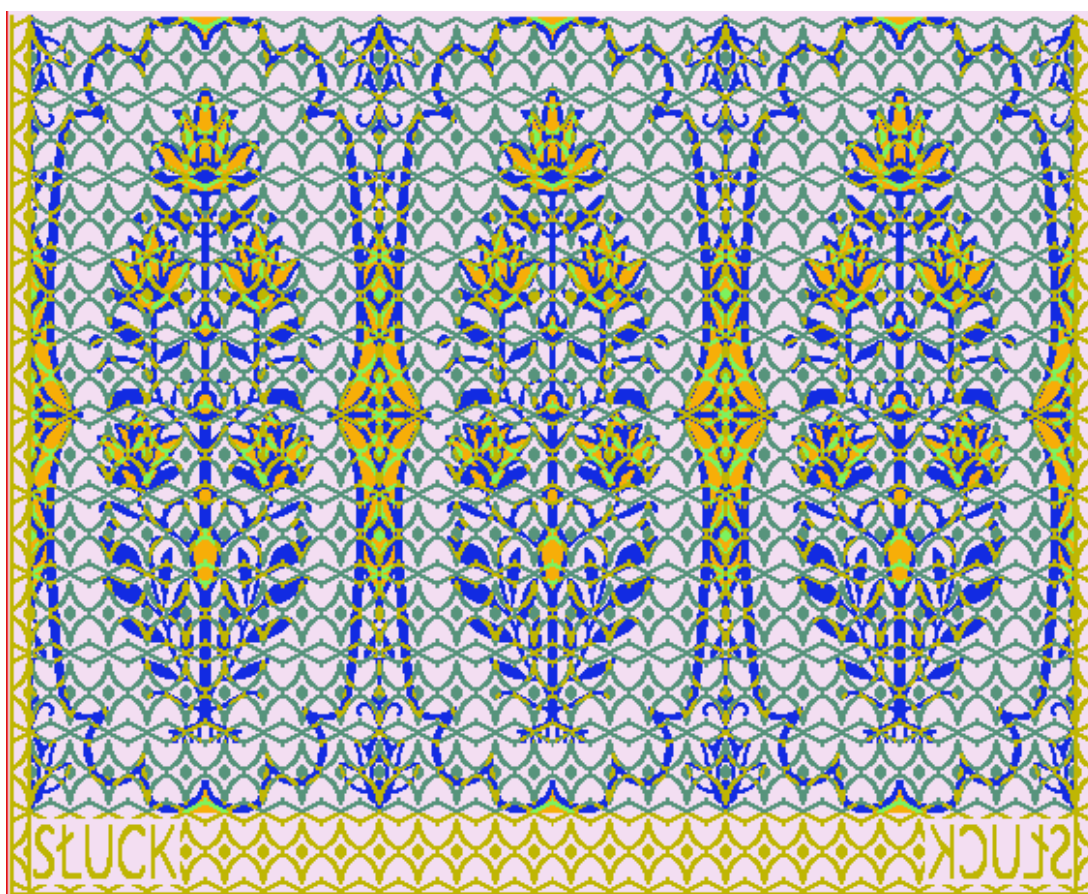


Рисунок 3 – Фрагмент технического рисунка
Figure 3 – Fragment of a technical drawing

челночные коробки из шести, при двухсторонней смене челночных коробок не имеет значения с какой стороны станка начинается движение челноков – слева направо или справа налево, распределение уточных нитей по челночным коробкам следующее:

- первая челночная коробка – уточная нить № 1;
- вторая челночная коробка – уточная нить № 2;
- третья челночная коробка – уточная нить № 3.

Под номерами уточных нитей следует понимать их цвет, при смене которого возможно получать различные колориты спроектированного изделия. На рисунке 4 представлен фрагмент двухстороннего трехуточного гобелена, в утках которого применены нити следующих цветов: красный, молочный, серый.

Из рисунка 4 видно в ткани достигнуты эффекты, позволяющие классифицировать ее как текстильное изделие нового вида. В заправке для выработки сувенирного текстильного изделия присутствует 1120 платин – для нитей основы фона, 4 – вспомогательных, для кромки. На ткацком станке установлено четыре навоя,

два – для настилочной основы, два – для прижимной, на каждом навое по 280 нитей основы. Для изготовления ткани используется та же схема заправки жаккардовой машины и тот же порядок проборки основных нитей в бердо, что и при ткачестве копий служских поясов.

Анализ полученных результатов

Изготовлено текстильное штучное изделие в технике двухстороннего трехуточного гобелена. Принципиальное отличие разработанной ткани от известных заключается в характере рисунков, сформированных на внешних сторонах гобелена. Кроме того, что они отличаются внешним видом и масштабом, им присуще различное колористическое решение, которое достигнуто утками разного цвета, участвующих в образовании рисунков. Впервые утки, присутствующие в структуре гобелена, не переходят с одной стороны изделия на другую: два утка из трех – в одном рисунке, третий – в другом. Контур узора на одной стороне читается за счет использования переплетений с разной длиной перекрытий: короткие перекрытия в контуре рисунка стягивают длинные уточ-



Рисунок 4 – Фрагмент сувенирного текстильного изделия по мотивам служских поясов
Figure 4 – Fragment of a souvenir textile product based on Slutsk belts

ные настилы, что способствуют появлению рельефа на площади элементов узора, который может быть усилен использованием в третьем утке нитей большей линейной плотности. В структуре гобелена присутствует средний слой, в котором располагается уток, не участвующий в формировании внешних сторон ткани и это один из двух, образующих двухцветный узор. Уток среднего слоя не просматривается с внешних сторон, поскольку перекрыт настилочной основой, имеющей в полтора раза большую линейную плотность по сравнению с нитями утка.

При производстве данного сувенирного изделия есть возможность внести разнообразие в колорит и фактуру изделия за счет применения нитей разного сырьевого состава: шелковых, хлопковых, метанита. Модульный характер композиционной структуры ткани позволяет формировать новые рисунки, меняя комбинации художественных элементов. Работа имеет перспективный характер, так как ограниченная заправочная ширина станка предполагает поиск новых видов текстильных сувениров, возможных для выпуска на данном станке с использованием заправки, адаптированной к качеству копий служких поясов. Кроме того, сокращение утков позволило уменьшить расход сырья при изготовлении ткани. Сувенирное изделие может использоваться как шарф или кашне, в женском или мужском гардеробе, а также служить декоративным элементом в интерьерном ансамбле различного стиля.

Выводы

Проделанная работа позволила получить следующие результаты:

- изучены и художественно переработаны орнаменты образцов поясов служкого типа из коллекции Метрополитен-музея, что позволило сформировать дизайн изделия с сохранением узнаваемых элементов исторического аналога;
- впервые спроектирована структура трехуточного гобелена, в котором на одной из внешних сторон рисунок сформирован первым и вторым утком, на другой – третьим, что позволило получить двухстороннее текстильное изделие с разными рисунками и колоритом;
- создан технический рисунок и модельные переплетения, соответствующие возможным взаимным расположениям различных элементов рисунков при их наложении: «контур-контур», «контур-узор», «узор-контур», «узор-узор», «фон-контур», «фон-узор»;
- осуществлено программирование ткацкого станка в специальном приложении DesignScope Victor фирмы EAT (Германия);
- получено текстильное изделие по мотивам служких поясов, которое имеет на внешних сторонах различные по орнаментальной структуре рисунки, что привело к расширению ассортимента национальной сувенирной продукции на РУП «Служкие пояса».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Акиндинова, Н.С. (2012). Структура современных гобеленовых тканей. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, по. 23, С. 7–18.

Акиндинова, Н.С., Тихонова, Ж.Е. (2021). Льносодержащие жаккардовые ткани новых гобеленовых структур. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, по. 1(40), С. 11–21.

Казарновская, Г.В. и Абрамович, Н.А. (2014). Технология изготовления копий исторических поясов, произведенных на Слуцкой мануфактуре. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, по. 26, С. 44–50.

Казарновская, Г.В. и Абрамович, Н.А. (2017). *Реконструкция служких поясов на современном оборудовании*. Витебск: УО «ВГТУ», Республика Беларусь.

Казарновская, Г.В. и Пархимович, Ю.Н. (2019). Технология получения жаккардовых тканей двойной ширины на челночном ткацком станке. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, по. 1(36), С. 39–45.

Казарновская, Г.В., Пархимович, Ю.Н. и Абрамович, Н.А. (2019). Коллекция шелковых шейных аксессуаров по мотивам служких поясов. *Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*.

Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна, no. 3 (45), С. 100–103.

Керимов С.Г. и Постников, А.В. (2015). Классификация многослойных переплетений тканых изделий по числу слоев и способу их соединения. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, no. 6(360), С. 72–75.

Колтышева, Н.Г. и Мариев, В.А. (2012). Восстановление древнего вида русского узорного ткачества – узорного двухслойного ткачества. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение*, no. 2(3), С. 168–179.

Колтышева, Н.Г. и Мариев, В.А. (2013). Узорные двухкомпонентные ткани средневековой Руси. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение*, no. 3(4), С. 156–165.

Лазука, Б.А. (2015). *Служцкія паясы і еўрапейскі тэкстыль XVIII стагоддзя. Малы лексікон*. Мінск : Беларусь, Республика Беларусь.

Мирошниченко, Д.А., Толубеева, Г.И., Коробов, Н.А. и Кулида, Н.А. (2017). Новые комбинированные переплетения, имитирующие выпуклые и вогнутые полусферы на однослойной ткани. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, no. 3 (369), С. 149–153.

Павлихина, И.Ю. и Сумарукова, Р.И. (2011). Исследование расположения нитей в многослойной ткани облегченного типа. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, no. 4 (333), С. 28–31.

Пархимович, Ю.Н. и Казарновская, Г.В. (2020). Двухсторонние полые текстильные изделия по мотивам служцких поясов. *Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК)*, no. 1, С. 526–529.

Яніцкая, М.М. (2006). *В граде Служце: фотаальбом*. Мінск : Асобны, Республика Беларусь.

Biedrońska-Słota Beata (2019). Krystyna Potocka's description of the collection of kontush sashes. *Studia Wilanowskie*, vol. 26, pp. 305–324.

Jarosz Jan, Grupa Małgorzata (2022). Kontush Sashes from the Northern Crypt of the post-Bernardine Church of the Elevation of the Cross in Łuków (Lublin Province). *Analecta. Archaeologica resoviensia*, vol. 17, pp. 81–88.

Miązga Beata, Grupa Dawid, Grupa Małgorzata (2023). Results of Archaeometrical studies on a Kontush sash from Piaseczno (Pomorskie Province, Poland). *Analecta*, vol. 18, pp. 205–216.

REFERENCES

Akindinova, N.S. (2012). The structure of modern tapestry fabrics [Struktura sovremennykh gobelenovykh tkaney]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, no. 23, pp. 7–18 [In Russian].

Akindinova, N.S. and Tihonova J.E. (2021). Flax-containing jacquard fabrics of new tapestry structures [Linosoderzhashchiye zhakkardovyye tkani novykh gobelenovykh struktur]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, no. 1(40), pp. 11–21 [In Russian].

Kazarnovskaya, G.V. and Abramovich, N.A. (2014). Technology of manufacturing copies of historical belts produced at the Slutsk manufactory [Tekhnologiya izgotovleniya kopiy istoricheskikh poyasov, proizvedennykh na Slutskoy manufakture]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, no. 26, pp. 44–50 [In Russian].

Kazarnovskaya, G.V. and Abramovich, N.A. (2017). *Reconstruction of Slutsk belts on modern equipment* [Rekonstruktsiya slutskikh poyasov na sovremenном oborudovanii]. Vitebsk: "VSTU", Republic of Belarus [In Russian].

Kazarnovskaya, G.V. and Parkhimovich, Y.N. (2019). Technology for producing double-width jacquard fabrics on a shuttle loom [Tekhnologiya polucheniya zhakkardovykh tkaney dvoynoy shiriny na chelnochnom tkatskom stanke]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, no. 1(36), pp. 39–45 [In Russian].

Kazarnovskaya, G.V., Parkhimovich, Y.N. and Abramovich, N.A. (2019). A collection of silk neck accessories based on Slutsk belts [Kollektsiya shelkovykh sheynykh aksessuarov po motivam slutskikh poyasov]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti = News of higher educational institutions. Light industry*

technology. Saint Petersburg State University of Technology and Design, no. 3 (45), pp. 100–103 [In Russian].

Kerimov, S.G. and Postnikov, A.V. (2015). Classification of multilayer weaves of woven products by the number of layers and the method of their connection [Klassifikatsiya mnogosloynnykh perepleteniy tkanykh izdeliy po chislu sloyev i sposobu ikh soyedineniya Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, no. 6(360), pp. 72–75 [In Russian].

Koltysheva, N.G. and Mariev, V.A. (2012). Restoration of an ancient type of Russian patterned weaving – patterned two-layer weaving [Vosstanovleniye drevnego vida russkogo uzornogo tkachestva – uzornogo dvukhsloynnogo tkachestva]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Iskusstvovedeniye = Vestnik of Saint Petersburg University. Arts*, no. 2(3), pp. 168–179 [In Russian].

Koltysheva, N.G. and Mariev, V.A. (2013). Patterned «openwork» two-component fabrics from the medieval Russia [Uzornyye dvukhkomponentnyye tkani srednevekovoy Rusi]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Iskusstvovedeniye = Vestnik of Saint Petersburg University. Arts*, no. 3(4), pp. 156–165 [In Russian].

Lazuka, B.A. (2015). *Sluckija pajasy i jeurapiejski tekstyl' XVIII stahoddzia. Maly lieksikon* [Slutsk belts and European textiles of the 18th century. Small lexicon]. Minsk: Belarus, 2015, Republic of Belarus [In Belarusian].

Miroshnichenko, D.A., Tolubeeva, G.I., Korobov, N.A. and Kulida, N.A. (2017). New combined weaves simulating convex and concave hemispheres on a single-layer fabric [Novyye kombinirovannyye perepleteniya, imitiruyushchiye vypuklyye i vognutyye polusfery na odnosloynnoy tkani]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, no. 3 (369), pp. 149–153 [In Russian].

Pavlikhina, I.Y. and Sumarukova, R.I. (2011). Study of the arrangement of threads in a lightweight multilayer fabric [Issledovaniye raspolozheniya nitey v mnogosloynnoy tkani oblegchennogo tipa Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 4 no. (333), pp. 28–31 [In Russian].

Parkhimovich, Y.N. and Kazarnovskaya, G.V. (2020). Double-sided hollow textile products based on Slutsk belts [Dvukhstoronniye polyye tekstil'nyye izdeliya po motivam slutskikh poyasov]. *Molodyye uchenyye – razvitiyu Natsional'noy tekhnologicheskoy initsiativy (POISK) = Young scientists – development of the National Technological Initiative (POISK)*, no. 1, pp. 526–529 [In Russian].

Yanitskaya, M.M. (2006). *V hradie Sluckie: fotoalbum* [In the city of Slutsk: photo album]. Minsk: Separate, Republic of Belarus [In Belarusian].

Biedrońska-Słota Beata (2019). Krystyna Potocka's description of the collection of kontush sashes. *Studia Wilanowskie*, vol. 26, pp. 305–324.

Jarosz Jan, Grupa Małgorzata (2022). Kontush Sashes from the Northern Crypt of the post-Bernardine Church of the Elevation of the Cross in Łuków (Lublin Province). *Analecta. Archaeologica ressoviensia*, vol. 17, pp. 81–88.

Miazga Beata, Grupa Dawid, Grupa Małgorzata (2023). Results of Archaeometrical studies on a Kontush sash from Piaseczno (Pomorskie Province, Poland). *Analecta*, vol. 18, pp. 205–216.

Информация об авторах

Information about the authors

Казарновская Галина Васильевна

Кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: galina_kazarnovskaya@mail.ru

Пархимович Юлиана Николаевна

Старший преподаватель кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: yuliana.parhimovich@gmail.com

Galina V. Kazarnovskaya

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor, Professor at the Department "Fashion Design and Fashion", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: galina_kazarnovskaya@mail.ru

Yuliana N. Parkhimovich

Senior Lecturer of the Department "Fashion Design and Fashion", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: yuliana.parhimovich@gmail.com

Обоснование применения емкостного метода для оценки неровноты смешивания волокон в неоднородных текстильных материалах

Д. А. Яснев,
Д. Б. Рыклин

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Аннотация. Качество смешивания волокон в неоднородных текстильных материалах является актуальной задачей, поскольку при их создании из смеси компонентов, которые зачастую имеют различную природу, а, соответственно, и физико-механические показатели, очень важно добиться равномерности вырабатываемой продукции по составу и характеристикам. На сегодняшний день существующие способы определения неровноты материалов достаточно трудоёмки. Приборы, принцип действия которых основан на использовании емкостного метода, предназначенные для определения неровноты по линейной плотности, не позволяют оценить неровноту смешивания компонентов в неоднородных волокнистых продуктах. До настоящего времени емкостной метод не использовался для оценки неровноты смешивания.

Цель работы заключается в экспериментальном подтверждении применения емкостного метода для оценки неровноты смешивания волокон в неоднородных текстильных материалах.

В процессе испытаний образцов из хлопка и полиэфирного волокна на приборе измерителя иммитанса МНИПИ Е7-20 в диапазоне частот от 2 до 640 кГц с номинальной массой в 0,3, 0,5 и 0,7 г было обнаружено, что значение емкости конденсатора уменьшается с усилением частоты и повышается с увеличением массы пробы, что подтверждается высокими значениями коэффициента корреляции. На основании экспериментальных данных предложена математическая модель, описывающая влияние частоты электрического поля конденсатора на соотношение значений емкости для разных видов волокон за вычетом емкости конденсатора, определенной при отсутствии в нем материала. Выявлены диапазоны частот, в которых при разработанной конструкции масса пробы волокна не оказывает существенного влияния на соотношение сигналов, полученных для хлопка и полиэфирного волокна. Различия результатов повторного эксперимента и расчетов по предложенной модели не превышают 10 %.

Согласно предложенной модели на высокой частоте влияние вида материала будет существенно снижаться, соотношение сигналов стремится к единице. Именно различия соотношения сигналов на разных частотах при разных массах проб планируется использовать для разработки математического аппарата по определению неровноты смешивания волокон в неоднородных текстильных материалах.

Ключевые слова: неровнота смешивания; емкостной метод; диэлектрическая проницаемость; частота электрического поля конденсатора.

Информация о статье: поступила 23 июля 2024 года.

Rationale for using the capacity method to assess the blending irregularity of heterogeneous textiles

Danila A. Yasneu,
Dzmitry B. Ryklin

*Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus*

Abstract. The quality improvement of blended textiles is an urgent task, because when they are developed from the blends of fibers that often have different natures, and, accordingly, physical and mechanical properties, it is very important to achieve uniformity of the manufactured products in composition and characteristics. To date, existing methods for determining the blending irregularity of materials are quite labor-intensive. Devices whose operating principle is based on the use of the capacitive method, designed to determine the unevenness of linear density, do not allow for assessing the

blending irregularity of heterogeneous fibrous products. Until now, the capacitive method has not been used to assess the unevenness of mixing.

The aim of the work is to experimentally confirm the use of the capacitive method for assessing the irregularity of fibers blending in heterogeneous textiles. During testing of cotton and polyester fiber samples on the immittance meter MNIP E7-20 in the frequency range from 2 to 640 kHz with a nominal mass of 0.3, 0.5 and 0.7 g, it was found that the value of the capacitance decreases with increasing frequency and rises with increasing sample mass, which is confirmed by high values of the correlation coefficient. Based on the experimental data a mathematical model is proposed that describes the influence of capacitor frequency on the ratios of capacitance values at different frequencies for different types of fibers excluding the capacitance determined in the absence of material in it. Frequency ranges are identified in which, with the developed capacitor design, the mass of the fiber sample does not have a significant effect on the ratio of signals obtained for cotton and polyester fiber.

Deviations in the of results of repeated experiment data from calculations results according to the proposed model do not exceed 10 %. According to the proposed model, at high frequency, the influence of the kind of fibers will be significantly reduced; the signal ratio tends to unity. It is the differences in the signal ratio at different frequencies with different sample masses that are planned to be used to develop a mathematical apparatus for determining the irregularity of fiber blending in heterogeneous textiles.

Keywords: blending irregularity; capacitive method; dielectric constant; frequency of the electric field of the capacitor.

Article info: received July 23, 2024.

Введение

В настоящее время смешанная пряжа и полотна из различных сочетаний исходного сырья занимают существенную долю мирового текстильного рынка. Смешивание волокон нескольких видов позволяет получить изделия, обладающие комбинацией лучших свойств компонентов волокна, характерных ее отдельным составляющим, но только при их качественном смешивании.

Следствием плохого качества смешивания является неоднородность вырабатываемой пряжи (Голайдо и др., 2015; Niles et al., 2017), снижение стабильности технологических процессов ее переработки, ухудшение визуальных и тактильных ощущений, а также повышение неравномерности текстильных материалов по физико-механическим свойствам.

Множество исследований проведено с целью оценки влияния долевого соотношения волокон разного вида на физико-механические свойства пряжи и показатели ее неровноты по линейной плотности.

Например, установлено, что увеличение доли полиэфирного волокна в составе полиэфирахлопковой смеси приводит к улучшению показателей пряжи, в том числе, к повышению равномерности по свойствам, разрывной нагрузки и относительного разрывного удлинения; уменьшению ворсистой и количества тонких и толстых мест, непсов (Manik, Majumder and Hossain,

2019; Кожаметов, Файзуллаев и Рахматуллинов, 2022; Babaarslan, Shahid and Okyay, 2023).

При смешивании и полиэфирного микроволокна с хлопком увеличение первого компонента в составе пряжи до 65 % оказывает положительное влияние на количество дефектов и показатели механических свойств смеси, так как приводит к уменьшению количества непсов, увеличению разрывной нагрузки и удлинения, повышению равномерности пряжи. При этом доля полиэфирного микроволокна не оказывает влияния на ворсистость пряжи. (Rajalakshmi, Kaushik and Prakash, 2012).

Увеличение доли полиэфирного волокна в сочетании со льном в соотношениях 85/15, 80/20, 50/50 при испытаниях проб пряжи привело к уменьшению квадратической неровноты, неравномерности, количеству коротких тонких узелков, утолщений и утонений (Ghosh and Raihan, 2015).

Состав смеси влияет на многие свойства пряжи, основными из которых являются разрывная нагрузка, равномерность по линейной плотности, ворсистость и прочие показатели. Стоит отметить, что влияние на свойства пряжи оказывает также ее линейная плотность. При испытании трёх образцов полиэфирахлопковой пряжи в соотношении компонентов 65/35 разной линейной плотности (14,75, 11,8 и 9,83 текс) было выявлено, что с увеличением линейной плотности уменьшается количество непсов, тонких и толстых мест (Anowar, 2019).

Ряд исследователей занимался изучением свойств образцов пряжи, выработанной из нетрадиционных видов текстильного сырья (хлопок/шелк, джут/хлопок/вискоза, джут/шерсть и т. д.).

Выявлено, что увеличение процентного содержания шелкового волокна в пряже из смеси хлопка и шелка в соотношениях 33/67, 50/50, 67/33 приводит к увеличению разрывной нагрузки, разрывного удлинения и уменьшению значения неровноты, количества тонких участков и ворсистости. При этом пряжа в соотношении 50/50 имела максимальное количество утолщений [Kanodia and Dixit, 2022].

В результате исследований пряжи из смеси джута с другими видами волокон (полиэфирное, полиакрилонитрильное волокно и шерсть) в соотношении смешивания 80/20 установлено, что пряжа из смеси джута и полиэфирного волокна продемонстрировала наилучшие значения неровноты смешивания, разрывной нагрузки и разрывного удлинения по отношению к другим смесям и к джутовому волокну. Значения квадратической неровноты оказались одинаковыми у пряжи из смеси джута с полиэфирным и полиакрилонитрильным волокном. При этом рассматриваемые характеристики пряжи из смеси джута и шерсти ниже, чем у других смесей, однако превосходят показатели джутовой пряжи [Shahid et al., 2016].

Анализ данных, полученных в результате исследования смесей из хлопка и джута в соотношениях 80/20, 60/40, 40/60 показал, что с увеличением доли хлопкового волокна возрастают значения разрывной нагрузки и разрывного удлинения, уменьшаются количество пороков и неравномерность пряжи [Redwanul et al., 2024].

В ходе сравнения хлопчатобумажной пряжи со смесью из джута, хлопка и вискозы в соотношениях 30/40/30 у хлопчатобумажной пробы наблюдался более низкий коэффициент вариации и более высокие значения разрывной нагрузки и разрывного удлинения. Авторы предполагают, что в случае другого соотношения сырья показатели качества пряжи будут меняться [Jannatul et al., 2022].

Таким образом, множеством исследователей подтверждено влияние состава пряжи на ее свойства. Однако важно отметить, что в данных работах учитываются номинальные, а не фактические значения процентного содержания компонентов, а неравномерность распределения волокон компонентов по длине пряжи вообще не принимается во внимание. С другой стороны, с

учетом влияния состава пряжи на ее свойства можно утверждать, что гетерогенность пряжи приводит к ее неравномерности по свойствам.

Несмотря на очевидность полученных выводов, работ по оценке качества смешивания волокон в пряже и текстильных полотнах в последние годы практически не проводится.

Существуют рекомендации по оценке неровноты смешивания компонентов в текстильных материалах оптическим и химическим способами.

Оптический способ предполагает анализ специальным образом полученных изображений срезов пряжи с подсчетом количества волокон каждого из компонентов и дальнейшим определением показателей неровноты пряжи по составу, однако способ применим только для оценки распределения компонентов на коротких отрезках продуктов прядения, и ему характерна высокая трудоёмкость. На начальных этапах технологического процесса применение оптического метода затруднено в связи со значительным количеством волокон в сечении полуфабрикатов прядильного производства.

Химический способ осуществляется по соответствующим стандартам и предполагает последовательное растворение волокон различных компонентов, содержащихся в пробе, заранее определенной массы с последующим взвешиванием нерастворенных остатков и проведением соответствующих расчетов. Данный способ является не только трудоемким, но и материалоемким, так как требует применения значительного количества реактивов.

Известно, что одним из наиболее часто применяемых методов оценки неравномерности пряжи по линейной плотности является емкостной, реализуемый на приборах Uster Tester и его аналогах. В цитируемых выше статьях данный метод также был использован для сравнительной оценки исследуемых образцов смешанной пряжи.

Стоит отметить, что применяемые подходы к определению неровноты материалов по линейной плотности емкостным методом не позволяют оценить неровноту смешивания компонентов в неоднородных волокнистых продуктах, так как в используемом диапазоне высоких частот электрического поля конденсаторов состав материала не оказывает влияния на измеряемую величину, что и является важнейшим условием, обеспечивающим отсутствие влияния состава пряжи на определяемые показатели неровноты пряжи по линейной плотности.

В то же время, применение испытательного оборудования, основанного на емкостном методе измерения, в случае разработки специальной методики позволило бы оперативно фиксировать значение неровноты смешивания, и, соответственно, осуществлять оценку эффективности процесса смешивания компонентов и их совместной переработки при производстве многокомпонентной пряжи и, при возникновении дефектов полуфабрикатов или пряжи, вносить изменения в ход технологического процесса, направленные на повышение качества выпускаемой продукции. Емкостной метод не требует применения реактивов, ручные операции сводятся к минимуму.

Ранее [Рыклин, Авсеев, 2011] было предложено за основу разработки нового метода оценки неровноты смешивания волокон взять физический эффект, заключающийся в наличии разницы значений ёмкости конденсатора при испытании материалов разного состава на низких частотах и, в отсутствие такой разницы, на высоких частотах. Решать эту задачу предлагают путём включения в цепь существующих электронно-ёмкостных приборов, дополнительного датчика-конденсатора той же конструкции, что и основной, но отличающегося частотой электрического поля, на что имеют собственный патент [Рыклин, Авсеев, 2013]. Для расчета неровноты смешивания волокон предложены математические формулы, в которых в качестве основы для расчета предложено использовать показатель, определяемый по формуле:

$$Z = \frac{C_1(T) - C_0}{C_2(T) - C_0}, \quad (1)$$

где Z – соотношение сигналов; $C_1(T)$ и $C_2(T)$ – значение ёмкости первого и второго конденсаторов с вложенным продуктом одной линейной плотности, Ф; C_0 – значение ёмкости конденсаторов, определенной при отсутствии в них волокнистого материала, Ф.

Предложенный метод основан на априорных знаниях физики и требует экспериментального подтверждения.

Таким образом, целью исследования является экспериментальное подтверждение применения емкостного метода для оценки неровноты смешивания волокон в неоднородных текстильных материалах.

Методы и средства исследования

В качестве средств измерения выбраны весы лабораторные электронные РА 214С, измеритель иммитанса МНИПИ Е7-20. Лабораторные электронные весы РА 214С

применялись для определения масс волокнистых проб различного состава. При массе пробы до 50 г погрешность измерения данных весов составляет 0,001 г. Измеритель иммитанса МНИПИ Е7-20 позволяет фиксировать ёмкость конденсатора в диапазоне частот от 10 Гц до 1 МГц.

Для проведения испытаний специально разработан и изготовлен конденсатор в виде двух плоскопараллельных пластин с размерами 85,5 x 50 мм, расположенных на расстоянии 8 мм друг от друга и смонтированных на текстолитовые подложки. Таким образом, площадь рабочей зоны конденсатора составила 4275 мм², а объём – 34200 мм³.

Измерительный комплекс, включающий прибор МНИПИ Е7-20 и конденсатор, представлен на рисунке 1.

Эксперимент проводился путём определения значений ёмкости с конденсатора на различных частотах при испытании проб разной массы и состава.

В качестве испытуемого материала использовались предварительно кондиционированные пробы из хлопкового и полиэфирного волокон номинальной массы от 0,3 до 0,7 грамм. Определяющей причиной выбора данных видов волокнистого сырья являлись различия их диэлектрической проницаемости: для хлопкового волокна она составляет 18,0, для полиэфирного волокна – 2,62–3,68 [Севостьянов А.Г, 1980].

В качестве рабочих частот для эксперимента выбраны частоты от 2 до 1000 кГц.

Обработка получаемых экспериментальных данных проводилась с помощью методов математической статистики, в частности, корреляционного и регрессионного анализов.

Результаты исследований

Номинальные значения масс проб для эксперимента составили 0,3, 0,5, 0,7 г. В таблице 1 представлены значения ёмкости конденсаторов на различных частотах за вычетом ёмкости конденсатора, определенной при отсутствии в нем материала, то есть разность $C(T) - C_0$ в формуле (1).

По данным таблицы 1 видно, что значения ёмкости конденсатора уменьшаются с увеличением частоты электрического поля конденсатора. Масса пробы материала и ёмкость конденсатора находятся в прямой зависимости, что подтверждается высокими значениями коэффициента корреляции, который составил для проб хлопкового волокна – не менее 0,998, для проб полиэфирного волокна – не менее 0,996.



Рисунок 1 – Измерительный комплекс
Figure 1 – Measuring complex

Таблица 1 – Значения емкости конденсаторов на различных частотах за вычетом емкости конденсатора, определенной при отсутствии в нем материала, пФ

Table 1 – Values of capacitance of capacitors at various frequencies excluding the capacitance of the capacitor determined in the absence of material in it, pF

Номинальная масса пробы, г	Фактическая масса пробы, г	Частота, кГц									
		2	5	10	20	40	80	160	320	640	1000
Хлопковое волокно											
0,3	0,3099	1,014	0,657	0,417	0,380	0,300	0,270	0,198	0,170	0,180	0,140
0,5	0,5170	1,828	1,104	0,882	0,630	0,510	0,430	0,335	0,298	0,420	0,300
0,7	0,7234	2,670	1,618	1,185	0,910	0,760	0,630	0,499	0,434	0,430	0,380
Полиэфирное волокно											
0,3	0,3064	0,190	0,164	0,124	0,140	0,120	0,130	0,104	0,109	0,230	0,100
0,5	0,5109	0,278	0,248	0,216	0,210	0,210	0,200	0,183	0,194	0,280	0,150
0,7	0,7137	0,429	0,357	0,300	0,300	0,280	0,260	0,240	0,257	0,360	0,200

Анализ результатов

Важным фактом, установленным в результате анализа экспериментальных данных, явилось то, что отношение значений емкости, полученной для проб хлопка и полиэфирного волокна определенной массы, снижается с увеличением частоты электрического поля. Так, для проб массой хлопкового и полиэфирного волокна около 0,5 г соотношение сигналов при частоте 2 кГц составляет 6,57, в то время как при частоте 120 кГц это соотношение уменьшается до 2. Анализ данных свидетельствует, что данное соотношение при дальнейшем увеличении частоты асимптотически приближается к 1. Таким образом, можно утверждать, что с увеличением частоты электрического поля, создаваемого между пластинами конденсатора, влияние состава волокнистого материала и, как следствие, неравномерности его по составу минимизируется. Именно существенное влияние состава материала на емкость конденсатора при низких частотах может являться физической основой создания метода оценки неровноты смешивания.

Для математического описания экспериментальных данных выбрана модель, имеющая следующий вид:

$$Y = \frac{C_{\text{хл}} - C_0}{C_{\text{пэ}} - C_0} = e^{\left(\frac{b}{fk}\right)}, \quad (2)$$

где Y – соотношение емкости конденсаторов, содержащих пробы волокнистого материала разного вида, за вычетом емкости пустого конденсатора; $C_{\text{хл}}$ – значение емкости конденсатора при измерении хлопковых проб, Ф; $C_{\text{пэ}}$ – значение емкости конденсатора при измерении проб полиэфирного волокна, Ф; C_0 – значение емкости конденсатора без волокнистого материала, Ф; b, k – коэффициенты регрессионной модели; f – частота электрического поля на конденсаторе, кГц.

Коэффициенты регрессии и детерминации моделей для различных масс волокнистых проб получены с ис-

пользованием пакета программ Statistic for Windows и приведены в таблице 2.

На рисунке 2 представлены графики полученных зависимостей отношения значений емкостей конденсатора от частоты электрического поля.

Анализируя графики, представленные на рисунке 2, можно отметить, что, несмотря на одинаковый характер зависимостей, кривая, полученная для проб с номинальной массой 0,3 г, на частотах, меньших 80 кГц, располагается существенно ниже кривых, построенных для проб массой 0,5 и 0,7 г. Можно предположить, что размеры конденсатора обеспечивают более высокую воспроизводимость результатов и меньшую погрешность при испытании проб массой не менее 0,5 г. Наиболее близкие результаты получены при частотах 5 и 10 кГц.

На основании совокупности данных для проб номинальной массы 0,5 и 0,7 г получена обобщенная модель, соответствующая формуле (2). Значения коэффициентов составили, соответственно, $b = 2,183$, $k = 0,229$, коэффициент детерминации – 0,987.

С целью проверки адекватности модели проведен повторный эксперимент в диапазоне частот электромагнитного поля от 10 до 160 кГц. Как было установлено ранее и подтверждено в ходе описываемых исследований, в данном диапазоне значения получаемого сигнала характеризовались достаточно высокой воспроизводимостью при проведении повторных измерений, а получаемые зависимости емкости от массы пробы имели линейный вид [Яснев, Рыклин, 2024].

Результаты повторного эксперимента отражены на рисунке 3 соответствующими маркерами.

По графику на рисунке 3 можно наблюдать, что соотношения между сигналами второй повторности и теоретической модели на частотах 10 и 20 кГц практически идентичны. На частотах 40 и более отличия в соотношении сигналов не превышают 10 %.

Таблица 2 – Результаты регрессионного анализа экспериментальных данных

Table 2 – Results of regression analysis of experimental data

Номинальная масса пробы, г	Массы проб (хлопок/полиэфирное волокно), г	Коэффициент детерминации модели	Коэффициенты регрессии	
			b	k
0,3	0,3099/0,3064	0,994	1,960	0,219
0,5	0,5170/0,5109	0,995	2,2390	0,246
0,7	0,7234/0,7137	0,980	2,141	0,216

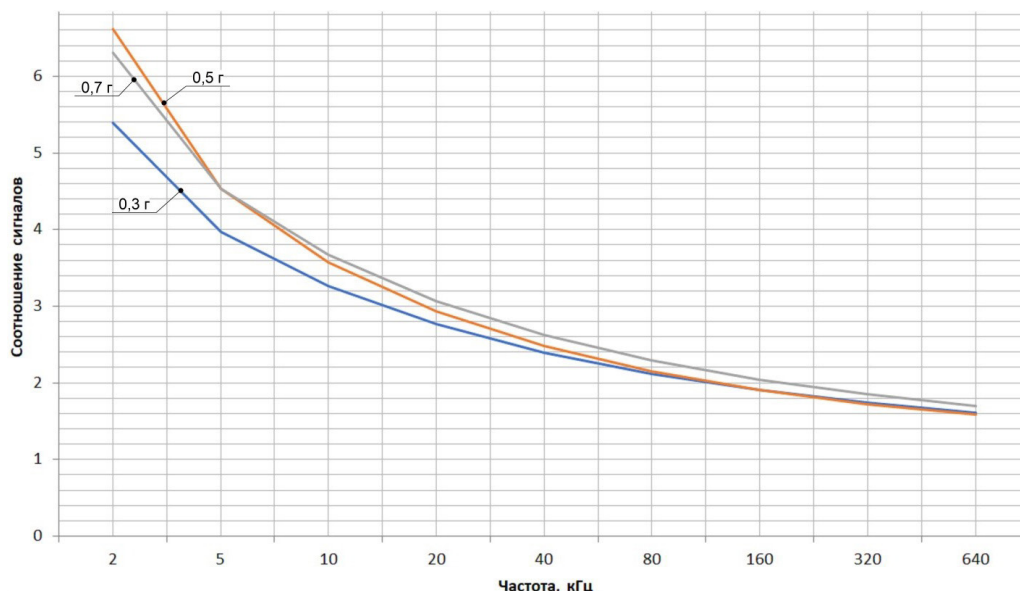


Рисунок 2 – Зависимости показателя γ от частоты электрического поля конденсатора для разных масс проб волокнистых материалов

Figure 2 – Dependence of the γ index on the frequency of the electric field of the capacitor for different masses of samples of fibrous materials

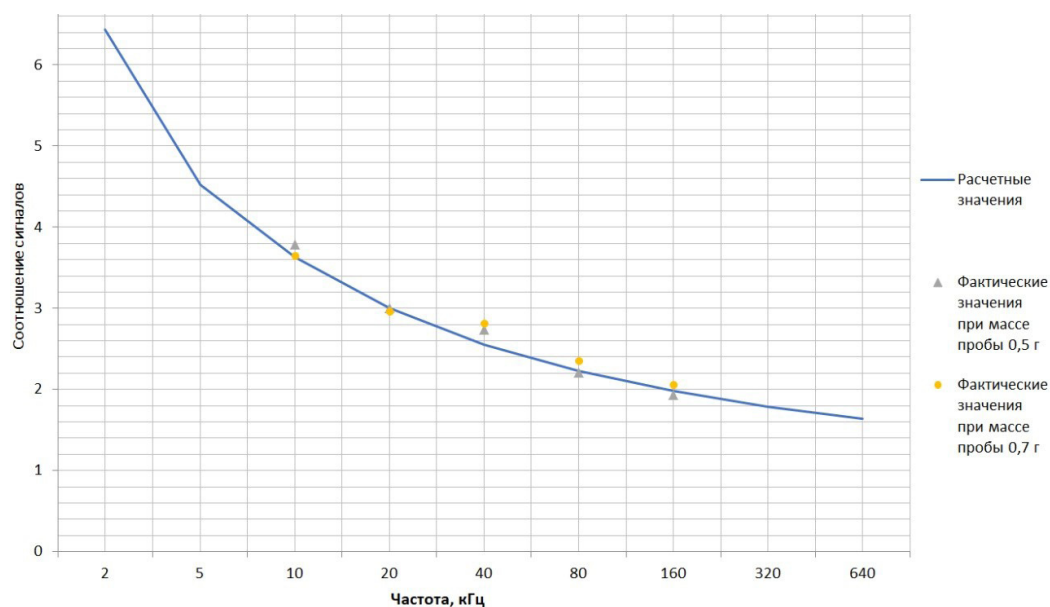


Рисунок 3 – Обобщенная зависимость показателя γ от частоты электрического поля конденсатора для проб волокнистых материалов 0,5 и 0,7 г

Figure 3 – Generalized dependence of the γ index on the frequency of the electric field of the capacitor for samples of fibrous materials 0.5 and 0.7 g

На следующих этапах работы планируется проведение экспериментальных исследований, направленных на области применения разработанного конденсатора, в частности более точно определить диапазон масс проб и частот, обеспечивающих равенство соотношения сигналов, определяемых для проб одной массы и разного состава.

Выводы

В результате проведенных исследований доказано, что различия значений емкости конденсатора, определенные для разных видов исходного сырья, существенно зависят от частоты электрического поля, создаваемого между пластинами конденсатора. Получена регрессионная модель, характеризующая влияние частоты на отношение значений емкости конденсаторов, содержащих пробы волокнистого материала разного вида, за

вычетом емкости пустого конденсатора. Установлено, что с увеличением частоты разница существенно снижается. Выявленный эффект может быть использован в качестве физической основы для разработки метода оценки неровноты смешивания волокон в неоднородных текстильных материалах.

На следующих этапах работы необходимо оценить диапазон масс проб, для которых конструкция и размеры разработанного конденсатора будут обеспечивать наиболее стабильно воспроизводимый результат с минимальной погрешностью, а также значения частоты электрического поля, для которых, соответственно, соотношение сигналов будет зависеть только от состава материала (низкая частота) и только от массы пробы (высокая частота).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Голайдо, С.А., Бондарчук М.М., Грязнова, Е.В. и Федорова Н.Е. (2015). Неровнота пряжи и анализ методов ее снижения, *Грамота*, № 1, С. 24–28.

Кожаметов, Б.Т., Файзуллаев, Ш.Р. и Рахматуллинов, Ф.Ф. (2022). Анализ свойств пряжи из смеси хлопковых и химических волокон, *Universum: технические науки*, № 5 (98), С. 14–18.

Рыклин, Д.Б. и Авсеев, Е.А. (2011). Способ определения неровноты смешивания компонентов в неоднородных волокнистых продуктах, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 1 (20), С. 83–88.

Рыклин, Д.Б. и Авсеев, Е.А. (2013). *Патент № 17839, Способ определения неровноты смешивания компонентов в многокомпонентном волокнистом продукте*. Минск: Национальный центр интеллектуальной собственности, Республика Беларусь.

Севостьянов, А.Г. (1980). *Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности*. Москва: Легкая индустрия, СССР.

Яснев, Д.А. и Рыклин, Д.Б. (2024). Оценка возможности применения прибора МНИПИ Е7-20 для определения неровноты смешивания материалов емкостным методом, *Материалы докладов 57-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*. В 2-х томах. Том 2, С. 344–346.

Anowar, H. (2019). Uster imperfections of 35% cotton and 65% polyester blended yarn for 40ne, 50ne and 60ne ring spun yarn, *South asian research journal of engineering and technology*, vol. 1:2, pp. 43–49.

Babaarslan, O., Shahid, A. and Okyay, N. (2023). Investigation of the performance of cotton/polyester blend in different yarn structures, *AUTEX Research Journal*, vol. 23:3, pp. 370–380.

Ghosh, A. and Raihan, M. (2015). Effect of fibre blend ratios on yarn properties, *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, vol. 4:4, pp. 243–246.

Jannatul, B.M., Shuranjan, S., Ferdouse, A.D., Abdus, S.K. and Moshir, R. (2022). Enhancing the dependence of blended jute yarn rather than hundred percent cotton yarn, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 15:2, pp. 205–210.

Kanodia, P. and Dixit, S. (2022). Upgradation in physical properties of the yarn developed by the fusion of organic cotton and silk waste fiber, *International Journal of Education*, vol. 4:4, pp. 137–142.

Manik, P., Majumder, S. and Hossain, R.K. (2019). Effect of blend ratio on quality characteristics of polyester/cotton blended ring spun yarn, *Trends in Textile Engineering and Fashion Technology*, vol. 5:1, pp. 583–587.

- Niles, S.N., Dias, W.P.P., Perera, T.K.M., Vinoth, W. and Wijenayake, E.M.R. (2017). A vision-based method for analyzing yarn evenness, *International journal of scientific & technology*, vol. 6:2, pp. 254–256.
- Rajalakshmi, M., Kaushik, C.V. and Prakash, C. (2012). Effect of cotton/micro polyester blends on physical properties of ring spun yarn, *Textile Science and Engineering*, vol. 2:6, pp. 40–43.
- Redwanul, I., Fahmida, K. and Ayub, N. (2024). Statistical analysis of Cotton-Jute blended ratio for producing good quality blended yarn, *Heliyon*, vol. 10:2, e25027.
- Shahid, M., Mahabubzaman, A., Ahmed, F. and Ali, A. (2016). Investigation of the Physical Properties of Jute Blended Yarn Using a Novel Approach in Spinning Process, *Journal of Textile Science and Technology*, vol. 2, pp. 1–6.

REFERENCES

- Golajdo, S.A., Bondarchuk, M.M., Gryaznova, E.V. and Fedorova, N.E. (2015). Yarn unevenness and analysis of methods to reduce it [Nerovnota pryazhi i analiz metodov ee snizheniya], *Gramota = Certificate*, vol. № 1, pp. 24–28 (In Russian).
- Kozhametov, B.T., Fajzullaev, SH.R. and Rahmatullinov, F.F. (2022). Analysis of the properties of yarn made from a mixture of cotton and chemical fibers [Analiz svoystv pryazhi iz smesi hlopkovyh i himicheskikh volokon], *Universum: tekhnicheskie nauki = Universum: technical sciences*, vol. 5 (98), pp. 14–18 (In Russian).
- Ryklin, D.B. and Avseev, E.A. (2011). Method for determining the unevenness of mixing components in heterogeneous fibrous products [Sposob opredeleniya nerovnoty smeshivaniya komponentov v neodnorodnyh voloknistykh produktah], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Vitebsk State Technological University*, vol. 1 (20), pp. 83–88 (In Russian).
- Ryklin, D.B. and Avseev, E.A. (2013). *Patent No. 17839, Method for determining the unevenness of mixing components in a multi-component fibrous product* [Sposob opredeleniya nerovnoty smeshivaniya komponentov v mnogokomponentnom voloknistom produkte]. Minsk: National Center for Intellectual Property, Republic of Belarus (In Russian).
- Sevost'yanov, A.G. (1980). *Metody i sredstva issledovaniya mekhaniko-tekhnologicheskikh processov tekstil'noj promyshlennosti* [Methods and means for studying mechanical and technological processes in the textile industry]. Moscow: Light industry, USSR (In Russian).
- Yasnev, D.A. and Ryklin, D.B. (2024). Assessment of the possibility of using the MNIPI E7-20 device to determine the unevenness of mixing materials using the capacitive method [Ocenka vozmozhnosti primeneniya pribora MNIPI E7-20 dlya opredeleniya nerovnoty smeshivaniya materialov emkostnym metodom], *Materialy dokladov 57-j mezhdunarodnoj nauno-tekhnicheskoy konferencii prepodavatelej i studentov. V 2-h tomah. Tom 2 = Materials of reports of the 57th international scientific and technical conference of teachers and students. In 2 volumes. Volume 2*, pp. 344–346 (In Russian).
- Anowar, H. (2019). Uster imperfections of 35% cotton and 65% polyester blended yarn for 40ne, 50ne and 60ne ring spun yarn, *South asian research journal of engineering and technology*, vol. 1:2, pp. 43–49.
- Babaarslan, O., Shahid, A. and Okyay, N. (2023). Investigation of the performance of cotton/polyester blend in different yarn structures, *AUTEX Research Journal*, vol. 23:3, pp. 370–380.
- Ghosh, A. and Raihan, M. (2015). Effect of fibre blend ratios on yarn properties, *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, vol. 4:4, pp. 243–246.
- Jannatul, B.M., Shuranjan, S., Ferdouse, A.D., Abdus, S.K. and Moshir, R. (2022). Enhancing the dependence of blended jute yarn rather than hundred percent cotton yarn, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 15:2, pp. 205–210.
- Kanodia, P., Dixit, S. (2022). Upgradation in physical properties of the yarn developed by the fusion of organic cotton and silk waste fiber, *International Journal of Education*, vol. 4:4, pp. 137–142.
- Manik, P., Majumder, S. and Hossain, R.K. (2019). Effect of blend ratio on quality characteristics of polyester/cotton blended ring spun yarn, *Trends in Textile Engineering and Fashion Technology*, vol. 5:1, pp. 583–587.
- Niles, S.N., Dias, W.P.P., Perera, T.K.M., Vinoth, W. and Wijenayake, E.M.R. (2017). A vision-based method for analyzing yarn evenness, *International journal of scientific & technology*, vol. 6:2, pp. 254–256.

Rajalakshmi, M., Kaushik, C.V. and Prakash, C., [2012]. Effect of cotton/micro polyester blends on physical properties of ring spun yarn, *Textile Science and Engineering*, vol. 2:6, pp. 40–43.

Redwanul, I., Fahmida, K. and Ayub, N. [2024]. Statistical analysis of Cotton-Jute blended ratio for producing good quality blended yarn, *Heliyon*, vol. 10:2, e25027.

Shahid, M., Mahabubuzzaman, A., Ahmed, F. and Ali, A. [2016]. Investigation of the Physical Properties of Jute Blended Yarn Using a Novel Approach in Spinning Process, *Journal of Textile Science and Technology*, vol. 2, pp. 1–6.

Информация об авторах

Information about the authors

Яснев Данила Андреевич

Магистр технических наук, аспирант кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: yasnevdanila@mail.ru

Рыклин Дмитрий Борисович

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: ryklin-db@mail.ru

Danila A. Yasneu

Master of Technical Sciences, Postgraduate Student of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: yasnevdanila@mail.ru

Dzmitry B. Ryklin

Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: ryklin-db@mail.ru

Технологические аспекты получения материалов для наружных деталей низа обуви

А. Н. Радюк,
А. Н. Буркин

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Аннотация. В настоящее время перед обувной промышленностью Республики Беларусь стоит задача разработки оптимальных подходов к замене дорогостоящих и высококачественных импортных материалов на отечественные аналоги. Последние также должны выглядеть предпочтительнее импортных с экономической точки зрения. Поэтому очевидно, что эти аналоги должны воспроизводить основные характеристики обувных материалов мирового класса или приближаться к ним, но при этом иметь невысокую стоимость.

Использование вторичного сырья для получения новых материалов с высокой добавленной стоимостью является одним из вариантов развития индустрии композитных материалов. Так введение различного рода дешевых наполнителей в виде побочных продуктов переработки древесины в композицию из вторичного пенополиуретана позволяет не только существенно снизить себестоимость, но и улучшить показатели свойств.

Целью исследования является разработка технологии получения материалов для наружных деталей низа обуви, включающей необходимый перечень операций для ее реализации, а также рецептурный состав композиции для литья под давлением.

Методы исследований – стандартные методики оценки физико-механических, упругопрочностных и эксплуатационных свойств для материалов (пластин обуви).

В результате работы установлено, что значения свойств материалов (пластин обуви) выше при изготовлении модифицированного и наполненного гранулята как промежуточного продукта. Дальнейшее формование изделий (литье материалов и подошв) позволяет получить заданные (требуемые) значения показателей свойств.

Ключевые слова: композитные материалы, технологическая схема, направление реализации, состав, гранулят, наполнитель, материалы, свойства, анализ.

Информация о статье: поступила 13 августа 2024 года.

Technological aspects of obtaining materials for outer parts of shoe bottoms

Anastasia N. Radyuk,
Alexander N. Burkin

*Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus*

Abstract. At present, the footwear industry of the Republic of Belarus faces the task of developing optimal approaches to the replacement of expensive and high-quality imported materials with domestic equivalents. The latter should also look preferable to imported ones from the economic point of view. Therefore, it is obvious that these equivalents should reproduce the main characteristics of world-class footwear materials or approach them, but at the same time have a low cost.

The use of recycled raw materials for obtaining new materials with high added value is one of the options for the development of composite materials industry. The introduction of various kinds of cheap fillers in the form of by-products of wood processing in the composition of secondary polyurethane foam allows for significant cost reduction and improvement of properties.

The aim of the research is to develop the technology for obtaining materials for the external parts of shoe bottoms, including the necessary list of operations for its implementation, as well as the recipe composition for injection moulding.

Research methods: standard methods of assessment of physical-mechanical, elastic-strength and operational properties

for materials (shoe plates).

Results: It has been determined that values of properties of materials (shoe plates) are higher when manufacturing modified and filled granulate as an intermediate product. Further moulding of products (casting of materials and soles) allows for obtaining the specified (required) property values.

Keywords: composite materials, technological scheme, direction of realization, composition, granulate, filler, materials, properties, analysis.

Article info: received August 13, 2024.

Введение

Полиуретаны (ПУ) являются одними из наиболее универсальных полимеров, поскольку их можно использовать во многих областях применения и в различных формах (Gama N. et al., 2018). В обувной промышленности ПУ используются с 60-х годов и на сегодняшний день стал очень популярным материалом для производителей обуви, так как способствует получению качественной, удобной и прочной обуви по невысокой цене. Подошвы обуви, изготовленные из ПУ, отличаются своей легкостью и устойчивостью к истиранию (Rajic I. et al., 2020). Однако, в виду большого разнообразия областей применения, производство ПУ в последние десятилетия увеличилось, что привело к увеличению количества отходов ПУ (бывших в употреблении продуктов и отходов производства).

Отходы ПУ необходимо эффективно утилизировать и перерабатывать, что является не только требованием предотвращения загрязнения окружающей среды и ее защитой, но также является необходимостью снижения производственных затрат и улучшения использования материалов. На сегодняшний день выделяют три типа технологий (процедур) утилизации отходов ПУ: захоронение, сжигание и переработка (Yang W. et al., 2012). Однако, из-за низкой плотности и большого объема отходы пенополиуретана (ППУ) сложно вывозить на свалку для последующего захоронения, а при сжигании образуется ядовитый газ (Banik J. et al., 2023; Yang W. et al., 2012). Поэтому из-за их негативного воздействия на окружающую среду отходы ПУ должны эффективно перерабатываться, избегая их захоронения и сжигания.

Несмотря на то, что переработка этих потоков отходов в полезные товары является сложной задачей, существующие способы переработки отходов ПУ (механическая или (термо-) химическая переработка) показали некоторые многообещающие результаты (Jehanno C. et al., 2022; Kemona A. and Piotrowska M., 2020; Korley L. T. J. et al. 2021; Vollmer I. et al., 2020). При этом

необходимо отметить, что полиуретановые материалы не могут подвергаться переработке бесконечно, поскольку их термомеханические свойства значительно ухудшаются с каждым циклом обработки, что приводит к необходимости захоронения или сжигания в конечном итоге по окончании срока службы (Kosloski-Oh S. C. et al., 2021; Schyns Z. O. G. and Shaver M. P., 2021).

Одним из вкладов в развитие композитных материалов, является возможность использования вторичного сырья для получения новых материалов с высокой добавленной стоимостью. Переработка представляет собой набор методов повторного использования и повторного введения отбракованных материалов в производственный цикл; она включает преобразование отходов в сырье для продуктов, аналогичных исходным. Таким образом, она вносит вклад в круговую экономику – циклическую, замкнутую систему для минимизации отходов (Salino R. E. and Catai R. E., 2023).

Растущая потребность в замене нефтехимического сырья возобновляемым, а также необходимостью снижения производственных затрат подчеркнули необходимость разработки полимерных композитов с натуральными наполнителями. Согласно литературным данным, добавление наполнителя в матрицу ППУ приводит к заметным изменениям свойств конечного композитного материала (теплопроводности, плотности и морфологии пены) даже при использовании низкого содержания наполнителя. В этом отношении опилки, как наполнитель, являются чистым, дешевым и легкодоступным побочным продуктом обработки древесины, такой как фрезерование, сверление, шлифование и распиловка. Использование опилок в качестве наполнителя в полиуретановых пенах обеспечивает новое применение переработанных древесных волокон в разработке новых композитных материалов (Tiuc A.-E. et al., 2022).

В связи с растущим развитием деревообрабатывающей промышленности образование отходов является распространенной проблемой. Два побочных продукта

переработки древесины – это пыль и древесные частицы. Литературные данные ясно указывают на то, что органические или неорганические наполнители могут значительно улучшить механические и термические свойства композитов ПУ (Mirski R. et al., 2021). Существуют также исследования, в которых наполнители использовались для снижения стоимости и повышения механических свойств, например, модуля упругости и прочности или плотности (Yuan J. and Shi S. Q., 2009).

Целью данного исследования является разработка технологии получения материалов для наружных деталей низа обуви, включающей необходимый перечень операций для ее реализации, а также рецептурный состав композиции для литья под давлением.

Данная работа является продолжением предыдущих исследований авторов, посвященных возможности использования побочных продуктов переработки древесины и отходов низа обуви для производства материалов с улучшенными свойствами.

Объект, методы и средства исследования

В соответствии с основными стадиями технологического процесса получения полимерных композиционных материалов (В. И. Костиков и Ж. В. Еремеева, 2021) была разработана технологическая схема процесса получения материалов (пластин обуви), представленная на рисунке 1.

Реализация схемы процесса получения материалов (пластин обуви), представленной на рисунке 1, осуществлялась в производственных условиях ЧПУП «Обувное

ремесло» в рамках апробации получения материалов (пластин обуви) по 2 направлениям:

- получение гранулята отходов ППУ по технологии, приведенной в (А.Н. Радюк, 2024), а затем уже к нему добавление стабилизатора, пластификатора и наполнителя в соответствии с рецептурой (в таблицах 3–5 обозначено как Н. 1). По данному направлению отходы ППУ подвергаются рециклингу несколько раз, тем самым увеличивается кратность их переработки;

- с изготовлением гранулята как промежуточного продукта, включающего в себя отходы ППУ, стабилизатор, пластификатор и наполнитель (в таблицах 3–5 обозначено как Н. 2). Данное направление позволяет получить модифицированный и наполненный гранулят отходов ППУ для дальнейшего формования изделий из него.

Для получения материалов (пластин обуви) использовали компоненты, представленные на рисунке 2.

На основании данных, приведенных в патенте Республики Беларусь «Композиция для деталей низа обуви»¹, полиуретановую матрицу модифицировали отходами стелечного картона, взятом в минимальном количестве 3 мас. %. Это позволило предположить использовать такое же количество наполнителя, так как

¹Композиция для деталей низа обуви : патент 5190 Респ. Беларусь : МПК 7 С 08J 11/00 / А. Н. Буркин, Г. С. Энтин, К. С. Матвеев ; заявитель и патентообладатель УО «Витебский государственный технологический университет». – № а 19980897 ; заявл. 29.09.1998 ; опубл. 30.06.2003, Бюл. № 2 (37).

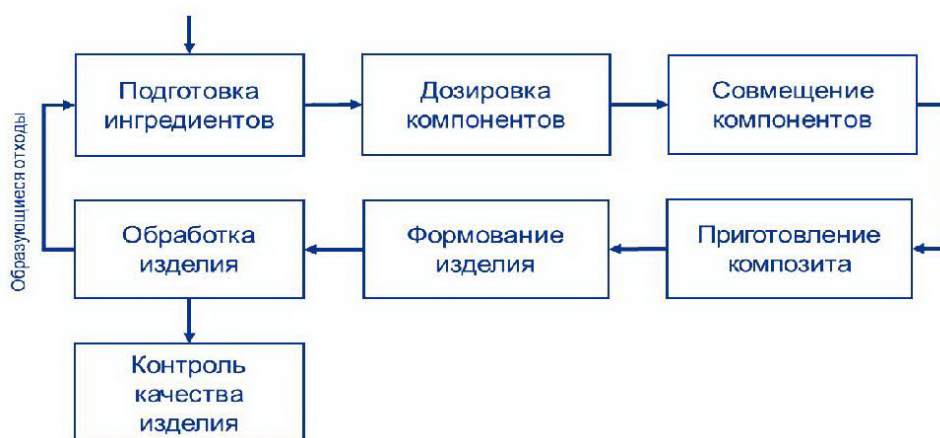


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса получения материалов (пластин обуви)
Figure 1 – Technological scheme of the process of obtaining materials (shoe plates)



Рисунок 2 – Основные компоненты для получения материалов (пластин обуви)
Figure 2 – Main components for obtaining materials (shoe plates)

точного состава материала типа кожволон нет.

Рецептурный состав композиции включал 2 варианта:

- гранулят на основе отходов ППУ / отходы ППУ + ДП (3 %) + стСа (0,5 %) + МИ (1 %);
- гранулят на основе отходов ППУ / отходы ППУ + ДВ (3 %) + стСа (0,5 %) + МИ (1 %).

Описание стадий технологического процесса представлено в таблице 1.

В результате производственной апробации и реализации технологической схемы были получены пластины обуви.

Полученные образцы пластин исследовали по показателям, представленным в таблице 2. Отбор проб для испытаний материалов и изделий проводился в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов (ТНПА).

Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

В рамках работы проведен сравнительный анализ получения материалов (пластин обуви) по 2 направлениям технологии, описанным выше. С этой целью полученные материалы (пластины обуви) исследовали по показателям свойств, описанными в таблице 2. Результаты проведенных испытаний представлены в таблицах 3–5.

Результаты исследования показателей физико-механических свойств материалов представлены в таблице 3.

Результаты исследования показателей упругопрочностных свойств материалов представлены в таблице 4 (усредненные значения по 5 образцам).

Результаты исследования показателей эксплуатационных свойств материалов представлены в таблице 5.

Согласно требованиям [П.С. Карабанов, А.П. Жихарев, В.С. Белгородский, 2008; Л.П. Морозова и др., 1988] для материалов низа обуви, можно сделать следующие выводы:

– плотность монолитных материалов должна быть не более $1,3 \text{ г/см}^3$, кожеподобных материалов – должна быть не более $1,1 \text{ г/см}^3$. Как можно заметить из таблицы 2, плотность образцов соответствует требованиям для монолитных материалов и не выходит за рамки предельных значений, но не соответствует требованиям для кожеподобных материалов;

– твердость монолитных материалов должна быть в пределах 75–85 усл.ед., кожеподобных – 80–95 усл.ед. Твердость образцов, полученных по двум схемам материалов, находится в рамках нормируемых значений для кожеподобных материалов;

– условная прочность монолитных материалов должна быть не менее 4,5 МПа, кожеподобных – не менее 5,0 МПа. Условная прочность образцов с наполнителем ДВ, полученных по Н. 1, не соответствует требованиям для кожеподобных материалов; для остальных образцов – наблюдается соответствие требованиям и для монолитных, и для кожеподобных материалов;

– относительное удлинение при разрыве монолитных материалов должно быть не менее 160 %, кожеподобных – не менее 180 %. Относительное удлинение образцов с наполнителем ДВ, полученных по Н. 1, не соответствует требованиям для монолитных и кожеподобных материалов, образцов с наполнителем ДВ, полученных по Н. 2, не соответствует требованиям для кожеподобных материалов, для остальных материалов наблюдается соответствие требуемым значениям;

– остаточное удлинение монолитных и кожеподобных материалов должно быть не более 20 %. Остаточное

Таблица 1 – Стадии технологического процесса получения материалов (пластин обуви)

Table 1 – Stages of the technological process of obtaining materials (shoe plates)

Операция	Стадии получения	Характеристика стадии
Подготовка ингредиентов*	Измельчение отходов ППУ, отсев нужной фракции (5–7 мм)	осуществляется с помощью дробилки Alpine A 40/63-5-3 и позволяет унифицировать размеры отходов ПУ до частиц 5–7 мм
	Сушка отходов ППУ	осуществляется в термошкафу с принудительной конвекцией воздуха при температуре 80 °С в течение 3 часов до влажности 0,2–0,3 %
Дозировка компонентов	взвешивание компонентов в соответствии с рецептурным составом композиции	
Совмещение компонентов	добавление к грануляту на основе отходов ППУ / отходам ППУ стабилизатора, пластификатора и наполнителя, смешивание компонентов в лопастных мешалках	
Приготовление композита	Термомеханическая переработка	осуществляется в экструдере ЭШПО-75Н4 при температурах от 150 °С до 180 °С, где композит пластифицируется, гомогенизируется и стабилизируется, а затем перемещается по винтовому каналу шнека, продавливаясь через формирующую матрицу, перераспределяясь по сечению в виде пластины прямоугольного сечения
	Охлаждение и измельчение	непосредственно перед литьем полуфабрикат охлаждали в ванне и измельчали до получения гранул длиной 2–4 мм
Формование изделия	Изготовление материалов литьем под давлением	осуществлялось на машине SP 345-3 фирмы Main Group при температуре 150–190 °С, давлении впрыска 40–60 МПа; времени впрыска 15 с; выдержки 360 с
Обработка изделия	Обрезка выпрессовок и литников	
Контроль качества изделия	Внешний осмотр изделия для выявления наружных дефектов	

Примечание: * для получения материалов (пластин обуви) из гранулята отходов ППУ на этом этапе предусмотрен контроль качества полученного гранулята и при необходимости сушка его до минимальной влажности.

Таблица 2 – Показатели свойств материалов (пластин обуви)

Table 2 – Indicators of material properties (shoe plates)

Наименование показателя, обозначение, ед. измерения	ТНПА	Применяемые средства измерения, оборудование	Физический смысл показателя	Объем выборки
Плотность (ρ), г/см ³	ГОСТ 267-73	Весы аналитические AS 220/С/2 «Radwag Wagi Elektroniczne», штангенциркуль	отношение массы образца к объему вытесненной им жидкости	K, n = 3
Твердость (H), усл. ед.	ГОСТ 263-75	Переносной твердомер 2033 ТИР	сопротивление образцов погружению в них индентора	K, m = 3
Относительное удлинение (ϵ), %	ГОСТ 270-75	Разрывная машина РТ-250	–	K, m = 5

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Окончание таблицы 2 – Показатели свойств материалов (пластин обуви)

End of the table 2 – Indicators of material properties (shoe plates)

Условная прочность (f_p), МПа	ГОСТ 270-75	Разрывная машина РТ-250	-	K, m = 5
Относительное остаточное удлинение после разрыва образцов (θ), %				
Сопротивление истиранию (β), Дж/мм ³ (кгс·м/см ³)	ГОСТ 426-77	Прибор МИ-2, шлифовальная шкурка, контрольная наполненная резина	истирание образцов, прижатых к абразивной поверхности вращающегося с постоянной скоростью диска, при постоянной нормальной силе и определении показателей сопротивления истиранию или истираемости	K, n = 6 (3 пары)
Устойчивость к многоцикловым и изгибающим воздействиям	ГОСТ ISO 17707-2015	Установка, которая позволяет выполнять изгиб образца подошвы под углом 90±2°, копые для прокола, металлическая линейка	оценка влияния материала подошвы и профиля поверхности на расширение разрыва	пластина

Примечание: **K** – среднее арифметическое, **n** – количество образцов, **m** – количество определений.

Таблица 3 – Показатели физико-механических свойств материалов

Table 3 – Indicators of physical and mechanical properties of materials

Показатель	Н. 1 (из гранулята)		Н. 2	
	ДП(гр)	ДВ(гр)	ДП	ДВ
1	3	4	5	6
Толщина материала (пластин обуви), мм	6,6	6,8	6,7	6,9
Плотность, г/см ³	1,24	1,22	1,22	1,19
Твердость, усл. ед.	86	88	90	91

Таблица 4 – Показатели упругопрочностных свойств материалов

Table 4 – Indicators of elastic strength properties of materials

Показатель	Н. 1 (из гранулята)		Н. 2	
	ДП(гр)	ДВ(гр)	ДП	ДВ
1	3	4	5	6
Разрывная нагрузка, Н	138	132	148	140
Условная прочность, МПа	5,0	4,8	5,5	5,1
Относительное удлинение при разрыве, %	140	180	160	240

Окончание таблицы 4 – Показатели упругопрочностных свойств материалов

End of the table 4 – Indicators of elastic strength properties of materials

Остаточное удлинение после разрыва, %	18	17	15	10
Условное напряжение при заданном удлинении, МПа	–	4,2	5,3	3,6
Истинное напряжение при заданном удлинении, МПа	–	10,9	13,8	9,4
Истинная прочность, МПа	12,0	13,4	14,3	17,3

Таблица 5 – Показатели эксплуатационных свойств материалов

Table 5 – Indicators of operational properties of materials

Показатель	Н. 1 (из гранулята)		Н. 2	
	ДП(гр)	ДВ(гр)	ДП	ДВ
1	3	4	5	6
Сопротивление истиранию, Дж/мм ³	4,0	3,5	5,0	4,7
Сопротивление многократному изгибу, тыс. циклов	30	30	30	30

удлинение после разрыва всех образцов соответствует вышеуказанным требованиям;

- сопротивление истиранию монолитных и кожеподобных материалов должно быть не менее 2,5 Дж/мм³. Сопротивление истиранию образцов соответствует вышеуказанным требованиям;

- сопротивление многократному изгибу монолитных материалов должно быть не менее 30 тыс. циклов, кожеподобных – не менее 20 тыс. циклов. Сопротивление многократному изгибу образцов соответствует требованиям и для монолитных, и для кожеподобных материалов. Данный показатель в настоящее время определяется в соответствии с ГОСТ ISO 17707-2015, в котором прописано минимальное пороговое его значение равно 30 000 циклов. До недавнего времени сущность метода испытаний на многократный изгиб по ГОСТ 422-75 заключалась в определении сопротивления разрастанию трещины в образце с проколом при его изгибе, чередующимся с принудительным выпрямлением, нормируемое число изгибов составляло 15 000 циклов, а трещина в точке прокола не должна была превышать 6 мм. При этом необходимо отметить, что несмотря на то, что в странах ЕС определение показателя предусмотрено по международному стандарту, для полиуретановых систем для низа обуви минимальное значение данного показателя начинается с 20 000 циклов.

Более наглядно данный анализ представлен на рисунках 3–9.

Значение показателя плотности соответствует монолитным резинам марки «В» (не более 1,3 г/см³).

Значение показателя твердости соответствует кожеподобным резинам марки «Кожволон» (75–90 усл. ед.).

Значение показателя условной прочности соответствует монолитным резинам марки «В» (не менее 4,5 МПа) и кожеподобным резинам марки «Кожволон» (не менее 5,0 МПа).

Значение показателя относительного удлинения при разрыве соответствует монолитным резинам марки «В» (не менее 170 %) для некоторых образцов, для других – кожеподобным резинам марки «Малыш» и «Кожволон» (не менее 180 %). Для образца «ДП из гр» данный показатель намного ниже требуемых значений.

Значение показателя остаточного удлинения после разрыва соответствует монолитным резинам марки «В» (не более 20 %) и кожеподобным резинам марки «Кожволон» (15–30 %) и «Малыш» (не более 30 %).

Значение показателя сопротивления истиранию соответствует монолитным резинам марки «В» (не менее 2,5–3,5 Дж/мм³), но не соответствует для некоторых образцов кожеподобным резинам марки «Малыш» (не менее 4,6 Дж/мм³) и для всех образцов кожеподобным резинам марки «Кожволон» (не менее 5,9 Дж/мм³).

Значение показателя сопротивления многократному изгибу соответствует монолитным резинам марки «В» (не < 15 тыс. циклов) и кожеподобным резинам марки «Кожволон» (не < 20 тыс. циклов).

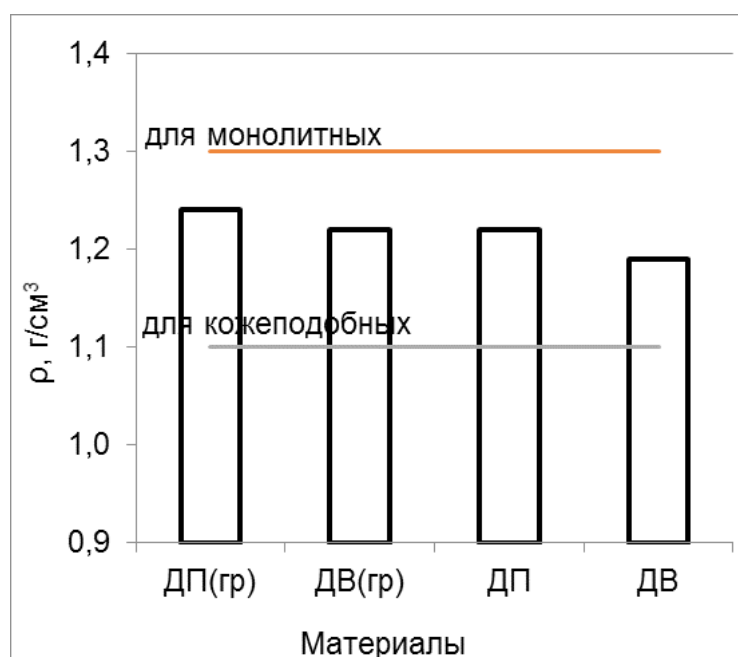


Рисунок 3 – Плотность полученных образцов
Figure 3 – Density of the produced samples

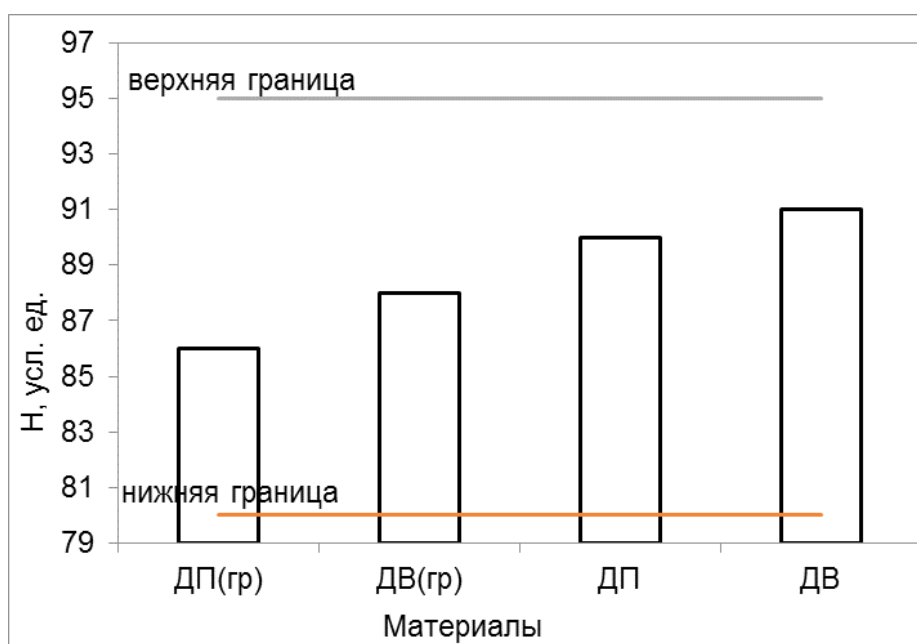


Рисунок 4 – Твердость полученных образцов
Figure 4 – Hardness of the produced samples

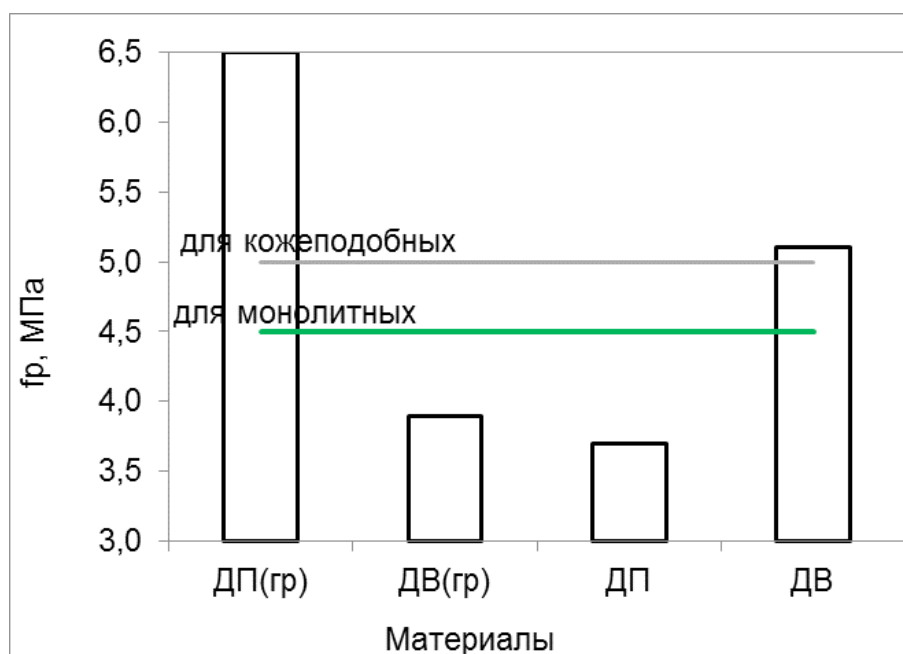


Рисунок 5 – Условная прочность полученных образцов
Figure 5 – Conditional strength of the produced samples

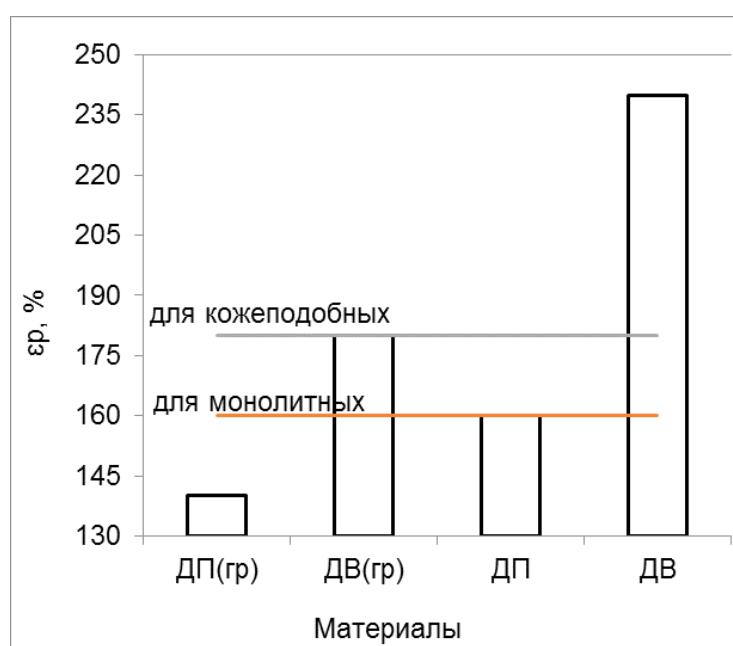


Рисунок 6 – Относительное удлинение при разрыве полученных образцов
Figure 6 – Relative elongation at break of the produced samples

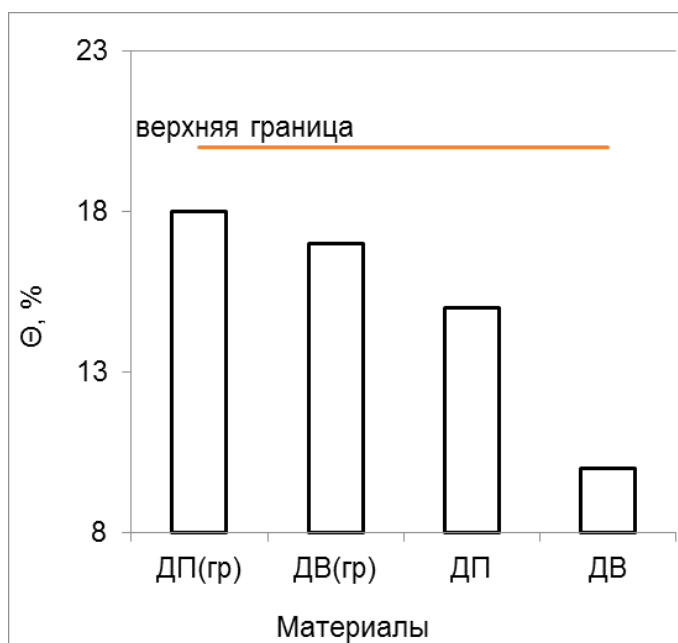


Рисунок 7 – Остаточное удлинение после разрыва полученных образцов
Figure 7 – Residual elongation after rupture of the produced samples

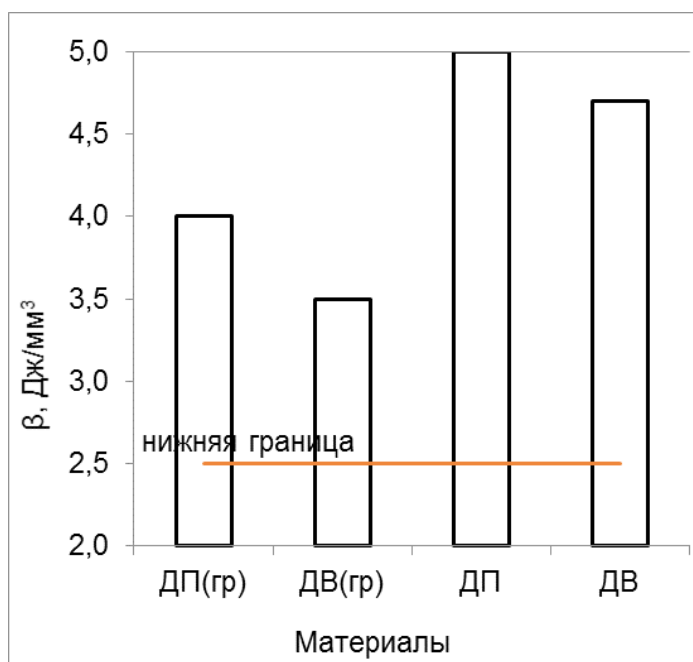


Рисунок 8 – Сопротивление истиранию полученных образцов
Figure 8 – Abrasion resistance of the produced samples

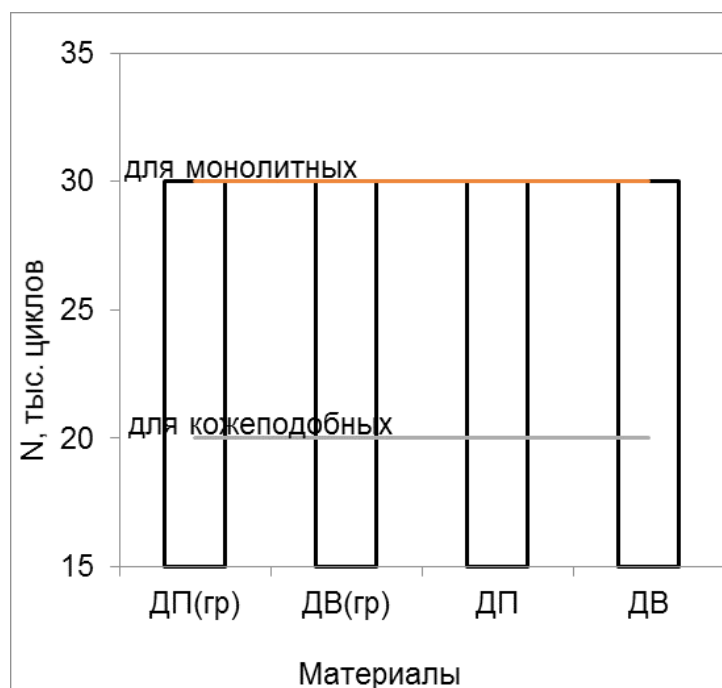


Рисунок 9 – Сопротивление многократному изгибу полученных образцов
Figure 9 – Resistance to repeated bending of the produced samples

Сравнивая полученные материалы с материалами типа кожволон можно заметить, что в некоторых источниках данные отличаются по предельным значениям их физико-механических свойств [Л.П. Морозова и др., 1988; П.С. Карabanов, А.П. Жихарев, В.С. Белгородский, 2008]. Верхний предел плотности составляет $1,2 \text{ г/см}^3$ (для кожеподобной резины релак – $1,3 \text{ г/см}^3$), предел прочности должен быть не менее 5,0 МПа, нижний предел относительного удлинения при разрыве составляет 180 %, твердость по Шору А должна быть 80–95 усл. ед., сопротивление истиранию – не ниже $2,5 \text{ Дж/мм}^3$ и сопротивление многократному изгибу не менее 20 тыс. циклов. Согласно этим данным, полученные материалы по Н. 2 соответствуют требованиям пороговых значений.

Выводы

В результате проведенных исследований:

- разработана технологическая схема процесса получения материалов (пластин обуви), включающая 7 основных операций: подготовку ингредиентов, дозировку компонентов, совмещение компонентов, приготовление композита, формование изделия, обработку изделия

и контроль качества изделия;

- предложено процентное соотношение ингредиентов в композиции на полимерной основе из ППУ и разработаны рецептурные составы композиций для получения изделий с требуемым уровнем свойств;

- проведен сравнительный анализ направлений реализации технологической схемы получения материалов (пластин обуви) в производственных условиях ЧПУП «Обувное ремесло»: из гранулята отходов ППУ с добавлением к нему модификаторов и наполнителя и с изготовлением модифицированного и наполненного гранулята как промежуточного продукта;

- установлено, что значения свойств материалов (пластин обуви) выше при реализации схемы процесса получения материалов (пластин обуви) по направлению Н. 2, так как получение гранулята, а на основании его в дальнейшем материалов связано с ухудшением свойств;

- рекомендуется получать гранулят как промежуточный продукт, включающий в себя отходы ППУ, стабилизатор, пластификатор и наполнитель (модифицированный и наполненный гранулят отходов ППУ); а на

основании его далее проводить формование изделий (литье материалов и подошв).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Карабанов, П.С., Жихарев, А.П. и Белгородский, В.С. [2008]. *Полимерные материалы для деталей низа обуви*. Москва: КолосС, Российская Федерация.
- Костиков, В.И. и Еремеева, Ж.В. [2021]. *Технология композиционных материалов*. Вологда: Инфра-Инженерия, Российская Федерация.
- Морозова, Л.П., Полузктова, В.Д., Михеева, Е.Я., Калита, А.Н., Швецова, Т.П., Мореходов, Г.А., Фукин, В.А., Беляев, Л.С., Костылева, В.В., Кузнецова, Л.Н. и Комнова, А.В. [1988]. *Справочник обувщика (Проектирование обуви, материалы)*. Москва: Легпромбытиздат, Российская Федерация.
- Радюк, А.Н. [2024] Получение гранулята из отходов пенополиуретана для литья подошв обуви, *Технологии и качество*, vol. 1(63), С. 32–39.
- Banik, J., Chakraborty, D., Rizwan, M., Shaik, A.H. and Chandan, M.R. [2023]. Review on disposal, recycling and management of waste polyurethane foams: a way ahead, *Waste Management & Research*, vol. 41(6), pp. 1063–1080.
- Gama, N., Ferreira, A. and Barros-Timmons, A. [2018]. Polyurethane foams: past, present, and future, *Materials*, vol. 11 (10):1841.
- Jehanno, C., Alty, J. W, Roosen, M., De Meester, S., Dove, A.P., Chen, E.Y.-X., Leibfarth, F.A. and Sardon, H. [2022]. Critical advances and future opportunities in upcycling commodity polymers, *Nature*, vol. 603 [7903], pp. 803–814.
- Kemona, A. and Piotrowska, M. [2020]. Polyurethane recycling and disposal: methods and prospects, *Polymers*, vol. 12 (8):1752.
- Korley, L.T.J., Epps, T.H., Helms, B.A. and Ryan, A.J. [2021]. Toward polymer upcycling-adding value and tackling circularity, *Science*, vol. 373 [6550], pp. 66–69.
- Kosloski-Oh, S.C., Wood, Z.A., Manjarrez, Y., de Los Rios, J.P. and Fieser, M.E. [2021]. Catalytic methods for chemical recycling or upcycling of commercial polymers, *Materials Horizons*, vol. 8 (4), pp. 1084–1129.
- Mirski, R., Dukarska, D., Walkiewicz, J. and Derkowski, A. [2021]. Waste wood particles from primary wood processing as a filler of insulation PUR foams, *Materials*, vol. 14 (17): 4781.
- Rajic, I., Govorcin Bajsic, E. and Holjevac Grguric, T. [2020]. Application of polyurethane in the production of shoe soles, *The Journal Leather & Footwear*, vol. 69(1), pp. 7–9.
- Salino, R.E., Catai, R.E. [2023]. A study of polyurethane waste composite (PUR) and recycled plasterboard sheet cores with polyurethane foam for acoustic absorption. *Construction and Building Materials*, vol. 387 (1):131201.
- Schyns, Z.O.G. and Shaver, M.P. [2021]. Mechanical recycling of packaging plastics: a review, *Macromolecular Rapid Communications*, vol. 42 (3): 2000415.
- Tiuc, A.-E., Borlea (Mureşan), S.I., Nemeş, O., Vermeşan, H., Vasile, O., Popa, F. and Pinţoi, R. [2022]. New composite materials made from rigid/flexible polyurethane foams with fir sawdust: acoustic and thermal behavior, *Polymers*, vol. 14 (17): 3643.
- Vollmer, I., Jenks, M.J.F., Roelands, M.C.P., White, R.J., van Harmelen, T., de Wild, P., Meirer, F., Keurentjes, J.T.F. and Weckhuysen, B.M. [2020]. Beyond mechanical recycling: giving new life to plastic waste, *Angewandte Chemie*, vol. 59 (36), pp. 15402–15423.
- Yang, W., Dong, Q., Liu, S., Xie, H., Liu, L. and Li, J. [2012]. Recycling and disposal methods for polyurethane foam wastes, *Procedia Environmental Sciences*, vol. 16, pp. 167–175.
- Yuan, J., Shi, S.Q. [2009]. Effect of the addition of wood flours on the properties of rigid polyurethane foam, *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 113 (5), pp. 2902–2909.

REFERENCES

- Karabanov, P.S., Zhikharev, A.P. and Belgorodsky, V.S. (2008). *Polimernye materialy dlja detalej niza obuvi* [Polymer materials for shoe bottom parts]. Moscow: KolosS, Russian Federation (In Russian)
- Kostikov, V.I. and Ereemeeva, J.V. (2021). *Tehnologija kompozicionnyh materialov* [Technology of composite materials]. Volgoda: Infra-Engineering, Russian Federation (In Russian).
- Morozova, L.P., Poluektova, V.D., Mikheeva, E.Ya., Kalita, A.N., Shvetsova, T.P., Morekhodov, G.A., Fukin, V.A., Belyaev, L.S., Kostyleva, V.V., Kuznetsova, L.N. and Komnova, A.V. (1988). *Spravochnik obuvshhika (Proektirovanie obuvi, materialy)* [Shoemaker's handbook (Shoe design, materials)]. Moscow: Legprombytizdat, Russian Federation (In Russian).
- Radyuk, A.N. (2024) Obtaining granules from polyurethane foam waste for casting shoe soles [Poluchenie granuljata iz othodov penopoliiuretana dlja lit'ja podoshv obuvi], *Tehnologii i kachestvo = Technologies and quality*, no. 1(63), pp. 32–39 (In Russian).
- Banik, J., Chakraborty, D., Rizwan, M., Shaik, A.H. and Chandan, M.R. (2023). Review on disposal, recycling and management of waste polyurethane foams: a way ahead, *Waste Management & Research*, vol. 41(6), pp. 1063–1080.
- Gama, N., Ferreira, A. and Barros-Timmons, A. (2018). Polyurethane foams: past, present, and future, *Materials*, vol. 11 (10):1841.
- Jehanno, C., Alty, J.W., Roosen, M., De Meester, S., Dove, A.P., Chen, E.Y.-X., Leibfarth, F. A. and Sardon, H. (2022). Critical advances and future opportunities in upcycling commodity polymers, *Nature*, vol. 603 (7903), pp. 803–814.
- Kemona, A. and Piotrowska, M. (2020). Polyurethane recycling and disposal: methods and prospects, *Polymers*, vol. 12 (8):1752.
- Korley, L.T.J., Epps, T.H., Helms, B.A. and Ryan, A.J. (2021). Toward polymer upcycling-adding value and tackling circularity, *Science*, vol. 373 (6550), pp. 66–69.
- Kosloski-Oh, S.C., Wood, Z.A., Manjarrez, Y., de Los Rios, J.P. and Fieser, M.E. (2021). Catalytic methods for chemical recycling or upcycling of commercial polymers, *Materials Horizons*, vol. 8 (4), pp. 1084–1129.
- Mirski, R., Dukarska, D., Walkiewicz, J. and Derkowski, A. (2021). Waste wood particles from primary wood processing as a filler of insulation PUR foams, *Materials*, vol. 14 (17): 4781.
- Rajic, I., Govorcin Bajsic E. and Holjevac Grguric T. (2020). Application of polyurethane in the production of shoe soles, *The Journal Leather & Footwear*, vol. 69(1), pp. 7–9.
- Salino, R.E., Catai, R.E. (2023). A study of polyurethane waste composite (PUR) and recycled plasterboard sheet cores with polyurethane foam for acoustic absorption. *Construction and Building Materials*, vol. 387 (1):131201.
- Schyns, Z.O.G. and Shaver, M.P. (2021). Mechanical recycling of packaging plastics: a review, *Macromolecular Rapid Communications*, vol. 42 (3): 2000415.
- Tiuc, A.-E., Borlea (Mureşan), S.I., Nemeş, O., Vermeşan, H., Vasile, O., Popa, F. and Pinţoi, R. (2022). New composite materials made from rigid/flexible polyurethane foams with fir sawdust: acoustic and thermal behavior, *Polymers*, vol. 14 (17): 3643.
- Vollmer, I., Jenks, M.J.F., Roelands, M.C.P., White, R.J., van Harmelen, T., de Wild P, Meirer, F., Keurentjes, J.T.F. and Weckhuysen, B.M. (2020). Beyond mechanical recycling: giving new life to plastic waste, *Angewandte Chemie*, vol. 59 (36), pp. 15402–15423.
- Yang, W., Dong, Q., Liu, S., Xie, H., Liu, L. and Li, J. (2012). Recycling and disposal methods for polyurethane foam wastes, *Procedia Environmental Sciences*, vol. 16, pp. 167–175.
- Yuan, J. and Shi, S.Q. (2009). Effect of the addition of wood flours on the properties of rigid polyurethane foam, *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 113 (5), pp. 2902–2909.

Информация об авторах

Information about the authors

Радюк Анастасия Николаевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: ana.r13@mail.ru

Буркин Александр Николаевич

Доктор технических наук, профессор кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: a.burkin@tut.by

Anastasia N. Radyuk

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: ana.r13@mail.ru

Alexander N. Burkin

Doctor of Science (in Engineering), Professor at the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: a.burkin@tut.by

Разработка рационального состава полиферментной композиции в технологии биоотварки хлопчатобумажных тканей

К. А. Ленко, Н. Н. Ясинская,
Н. В. Скобова

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Аннотация. В последние десятилетия активизировались исследования в направлении биохимических способов подготовки текстильных материалов из целлюлозных волокон. Особую практическую значимость с точки зрения экологичности и сохранения целлюлозы имеют ферменты, проявляющие активность при низких температурах и в нейтральных средах. Так, авторами проводились исследования по биоотварке хлопчатобумажных тканей полиферментными композициями, состоящими из белорусских (ООО «Фермент») препаратов целлюлолитического и пектолитического действия, в ходе которых наблюдались недопустимые потери прочности материалов после обработки.

Цель работы – провести рационализацию состава полиферментной композиции в технологии биоотварки хлопчатобумажных тканей белорусскими ферментными препаратами фирмы ООО «Фермент».

Проведена биоотварка предварительно расшлихтованной хлопчатобумажной ткани полотняного переплетения. Эксперимент проводился по матрице Кано с двумя повторностями серии опытов. В качестве входных факторов выбраны концентрации ферментных препаратов, обладающие целлюлазной и пектиназной активностью. В качестве выходных параметров выбраны капиллярность, гигроскопичность и разрывная нагрузка ткани. В результате обработки экспериментальных данных получены теоретико-экспериментальные зависимости гигиенических и физико-механических свойств хлопчатобумажных тканей после биоотварки от качественного и количественного состава полиферментной композиции. По полученным моделям построены графические образы зависимости свойств хлопчатобумажных тканей после биоотварки от качественного и количественного состава полиферментной композиции. Установлено, что на все свойства в большей степени оказывает влияние концентрация препарата, обладающего целлюлолитической активностью.

Исходя из анализа графиков зависимости гигиенических и физико-механических свойств хлопчатобумажных тканей после биоотварки от состава полиферментной композиции определены рациональные концентрации ферментных препаратов белорусского производства: Энзитекс ЦКО – 2,5–3 г/л, Энзитекс Био-К – 2,5–3 г/л.

Ключевые слова: фермент, подготовка ткани к крашению, целлюлаза, пектиназа, капиллярность, гигроскопичность, разрывная нагрузка.

Информация о статье: поступила 29 мая 2024 года.

Development of a rational composition of a polyenzyme composition in the technology of bioscouring of cotton fabrics

Ksenia A. Lenko, Natallia N. Yasinskaya,
Natallia V. Skobova

*Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus*

Abstract. In recent decades, research into biochemical methods of preparation of textile materials from cellulose fibers has intensified. Of particular practical importance in terms of environmental friendliness and cellulose preservation are enzymes active at low temperatures and in neutral media. Thus, the authors conducted research on bioscouring of cotton fabrics with polyenzyme compositions consisting of Belarusian preparations (Ferment LLC) of cellulolytic and pectolytic action, during which unacceptable losses of material strength after treatment were observed.

The purpose of the work is to rationalize the composition of a multi-enzyme composition in the technology of bioscouring of cotton fabrics using Belarusian enzyme preparations from Ferment LLC.

Bioscouring of previously deslimed plain-weave cotton fabric was carried out. The experiment was carried out using the Kano matrix with two repetitions of a series of experiments. The concentrations of enzyme preparations with cellulase and pectinase activity were selected as input factors. Capillarity, hygroscopicity and tissue tensile strength were selected as output parameters. As a result of processing experimental data, theoretical and experimental dependencies of the hygienic and physical-mechanical properties of cotton fabrics after bioscouring on the qualitative and quantitative composition of the multienzyme composition were obtained. Based on the obtained models, graphic images of the dependence of the properties of cotton fabrics after bioscouring on the qualitative and quantitative composition of the multienzyme composition were constructed. It has been established that all properties are largely influenced by the concentration of the drug with cellulolytic activity.

Based on the analysis of graphs of the dependence of the hygienic and physical-mechanical properties of cotton fabrics after bio-boiling on the composition of the multienzyme composition, rational concentrations of enzyme preparations produced in Belarus were determined: Enzitetx CAO – 2.5–3 g/l, Enzitetx Bio-A – 2.5–3 g/l.

Keywords: enzyme, fabric preparation for dyeing, cellulase, pectinase, capillarity, hygroscopicity, breaking load.

Article info: received May 29, 2024.

Введение

Подготовка текстильных материалов из природных целлюлозных волокон включает комплекс операций, часть из которых носят характер чисто механического или физического воздействия на материал. К физико-химическим и химическим операциям отделочного производства относятся расшлихтовка, отварка, беле-ние, мерсеризация [Кулигин и Евдокимова, 2012].

Известно, что удаление крахмальной шлихты с поверхности и из межволоконных пространств нитей повышают гидрофильные свойства ткани лишь на $\frac{1}{3}$ от требуемого уровня капиллярности [Алеева, 2014]. Для достижения требуемой смачиваемости и гидрофильности ткани необходимо проведение операции отварки. Процесс отварки хлопчатобумажных тканей способствует удалению природных примесей целлюлозы (воск, пектин, азотистые, зольные вещества и т. д.) и механических примесей, нанесенных в процессах прядения и ткачества (замасливатели, антистатика, шлихта и т. д.). Удаление примесей в свою очередь способствует приданию равномерной, высокой смачиваемости и сорбции [Барышева, 2006].

Ухудшение экологической обстановки заставляет задуматься об огромном количестве токсичных веществ, применяемых в отделочном производстве текстильных материалов [Рахматуллина и Панкова, 2022]. На сегодняшний день современные методы получения отваренных хлопчатобумажных тканей основаны на применении экологически небезопасных химических реагентов (щелочи, кислоты, ПАВы), многозатратны и энергоёмки [Ясинская и др., 2021]. Также известно, что

при щелочной отварке наряду с процессом облагораживания происходит деструкция целлюлозы по глюкозидным связям, ведущая к деполимеризации цепных молекул в более короткие фрагменты [Калдыбаев и др., 2020].

Биоотварка с применением ферментов, обеспечивающего селективное воздействие на гетерополимерную волокнистую систему, может стать альтернативной подготовкой для устранения изъянов щелочного процесса целлюлозных материалов [Барышева, 2006; Топорищева и др., 2022]. Выбор фермента для обработки текстильного материала определяется набором химических реакций, которые должны быть ускорены [Переволоцкая и др., 2002]. Известно, что наилучшее качество подготовки целлюлозных текстильных материалов может быть получено в ходе биообработки препаратами, являющимися полиферментными. При этом главной отличительной особенностью этих препаратов является целлюлазная активность [Барышева, 2006]. Ферментативные технологии, заменяющие щелочную отварку в процессах подготовки хлопчатобумажных тканей, основаны на обработке полиферментными композициями также содержащими пектиназы.

Несмотря на большой спрос на биотехнологии в текстильной промышленности, значительное количество исследований в этой области, существенного прогресса в промышленном использовании ферментных препаратов и их композиций на стадии отделки целлюлозо-содержащих текстильных материалов не наблюдается. Внедрение биотехнологий в текстильное производство сдерживается вследствие необходимости сохранения

высокой культуры производства, отсутствия теоретически обоснованного выбора биопрепаратов для процессов облагораживания текстильных материалов с учетом их избирательного действия на примеси различной природы.

В настоящее время в Республике Беларусь множество импортной продукции попали под санкции, что затронуло и товары текстильной химии. Кроме того, закупка дорогостоящих текстильно-вспомогательных веществ из-за рубежа предполагает увеличение производственных затрат в разы. Таким образом, для того чтобы сдерживать рост себестоимости готовой отечественной продукции, актуальным является вопрос импортозамещения текстильной химии.

Ведущим белорусским производителем высокоэффективных ферментных препаратов является компания ООО «Фермент». Компания специализируется на выпуске ферментных препаратов для животноводства, кожевенной и меховой промышленности, пищевой промышленности, целлюлозно-бумажной промышленности. В связи с остро стоящей проблемой импортозамещения, сравнительно недавно ООО «Фермент» начало специализироваться на выпуске ферментов данного назначения. С учетом вышесказанного, актуальным является оценка возможности использования ферментных пре-

паратов данного производителя в процессах заключительной отделки текстильных материалов.

Так, авторами проводились исследования по биоотварке хлопчатобумажных тканей полиферментными композициями белорусского производства, состоящими из препаратов целлюлолитического и пектолитического действия, в ходе которых наблюдались недопустимые потери прочности материалов после обработки (Ленько и Ясинская, 2022; Котко и др., 2020). Учитывая данное явление, дальнейшая работа направлена на выбор рациональной концентрации целлюлолитических и пектолитических ферментных препаратов, которые в большей степени влияют на структуру целлюлозного волокна.

Объект и методы исследования

Проведена биоотварка предварительно расшлихтованной хлопчатобумажной ткани полотняного переплетения арт. 854 (ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение») по схеме, представленной на рисунке 1. Эксперимент проводился по матрице Кано с двумя повторностями серии опытов. Для определения количества опытов проводили пробную серию дублирующих опытов, производили статистическую обработку результатов эксперимента и определяли минимально необходимое количество повторов (Бойко и Кудеников, 2016). В качестве входных факторов

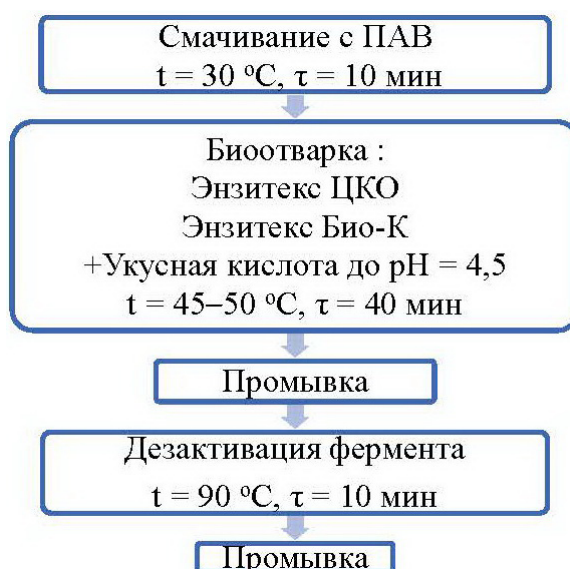


Рисунок 1 – Схема проведения биоотварки

Figure 1 – Schematic of the bioscouring

выбраны концентрации ферментных препаратов производства ООО «Фермент», обладающие целлюлазной и пектиназной активностью – Энзитекс ЦКО и Энзитекс Био-К соответственно.

Энзитекс ЦКО – кислая целлюлаза активностью 10000 ед/г (оптимальные условия действия: pH от 4,5 до 5,5, рабочая температура 40–60 °С). Энзитекс Био-К – кислая пектиназа активностью 6500 ед/г (оптимальные условия действия: pH от 3,0 до 4,5, рабочая температура 40–60 °С).

В качестве выходных параметров выбраны капиллярность, гигроскопичность и разрывная нагрузка ткани. Капиллярность и гигроскопичность ткани исследовали в соответствии с ГОСТ 3816-81 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств» (с Изменениями N 1-4). Разрывную нагрузку ткани исследовали на разрывной машине РМ 3 согласно ГОСТ 6611.2-73 «Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве».

Интервалы и уровни варьирования входных факторов представлены в таблице 1.

В результате обработки экспериментальных данных в программе Statistica for Windows получены теоретико-экспериментальные зависимости гигиенических и физико-механических свойств хлопчатобумажных тканей после биоотварки от качественного и количественного состава полиферментной композиции. Значимость коэффициентов регрессии полученных моделей оценивали по p-level уровню, который должен принимать значения $p \leq 0,05$. Только в этом случае коэффициент считается значимым. Достоверность моделей подтверждается высоким значением коэффициента детерминации.

Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

Модель зависимости гигроскопичности от концентрации целлюлолитического и пектолитического фер-

ментных препаратов ($R^2 = 0,99215$):

$$G = 16,13 + 3,4 \cdot X_1 - 2,53 \cdot X_1^2. \quad (1)$$

Модель зависимости капиллярности от концентрации целлюлолитического и пектолитического ферментных препаратов ($R^2 = 0,94187$):

$$K = 166,32 + 18,67 \cdot X_1 + 8,56 \cdot X_2. \quad (2)$$

Модель зависимости разрывной нагрузки от концентрации целлюлолитического и пектолитического ферментных препаратов:

– по основе ($R^2 = 0,95606$)

$$R_o = 330 - 22,17 \cdot X_1 - 10,5 \cdot X_2 - 23,5 \cdot X_1^2. \quad (3)$$

– по утку ($R^2 = 0,97847$)

$$R_y = 266 - 20,67 \cdot X_1 - 11 \cdot X_2 - 19,67 \cdot X_1^2. \quad (4)$$

Данные показателя гигроскопичности описываются моделью первого порядка, что указывает на отсутствие влияния концентрации фермента пектолитической активности на указанное свойство (Марущак и др., 2023). Данные коэффициента капиллярности описываются линейной зависимостью от анализируемых факторов. Экспериментальные данные по разрывной нагрузке хлопчатобумажной ткани представлены моделями второго порядка. При этом очевидно, что с увеличением концентрации двух препаратов прочность материала снижается одновременно в двух направлениях (по основе и утку).

По полученным моделям построены графические образы зависимости свойств хлопчатобумажных тканей после биоотварки от качественного и количественного состава полиферментной композиции, позволяющие выявить области рациональных решений при выборе гигиенических и физико-механических свойств (рисунки 2–4).

Анализ полученных моделей показывает, что увеличение концентрации препаратов ухудшает прочностные

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов
Table 1 – Levels and intervals of factor variations

Факторы	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования
Концентрация Энзитекс ЦКП, г/л, X_1	0,5	2,5	4,5	2
Концентрация Энзитекс Био-К, г/л, X_2	0,5	2,5	4,5	2

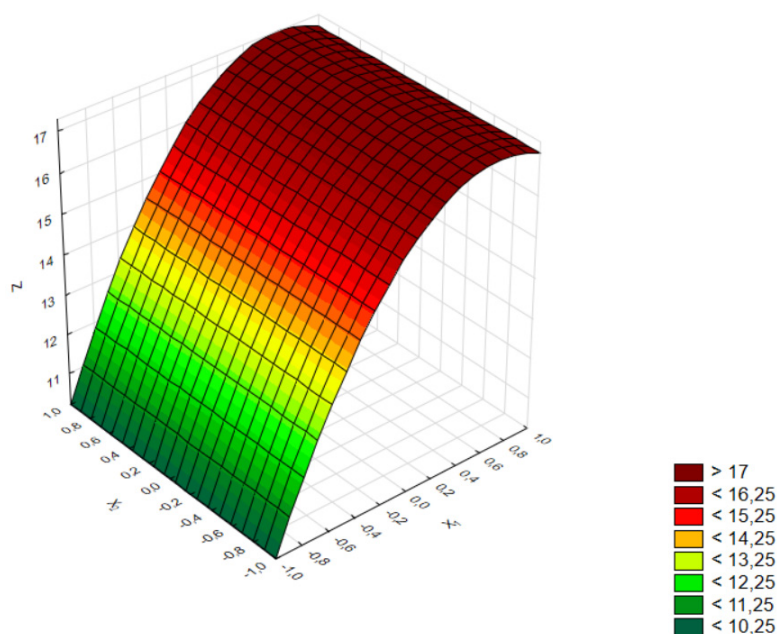


Рисунок 2 – Графическая зависимость гигроскопичности (%) от концентрации целлюлолитического и пектолитического ферментных препаратов
 Figure 2 – Graphical dependence of hygrosopicity (%) on the concentration of cellulolytic and pectolytic enzyme preparations

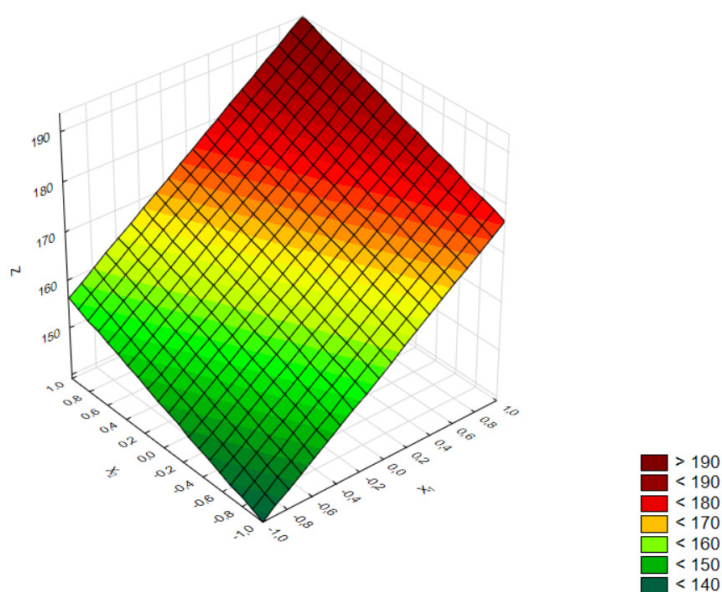
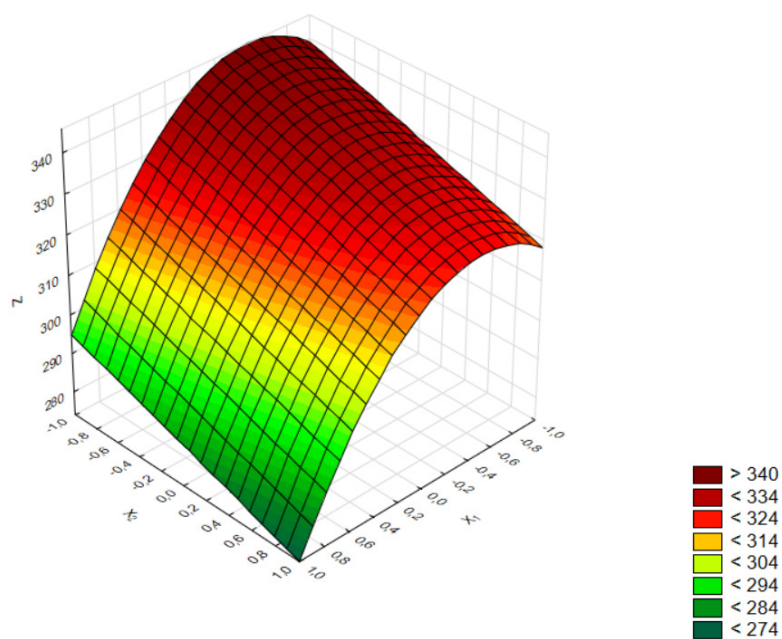
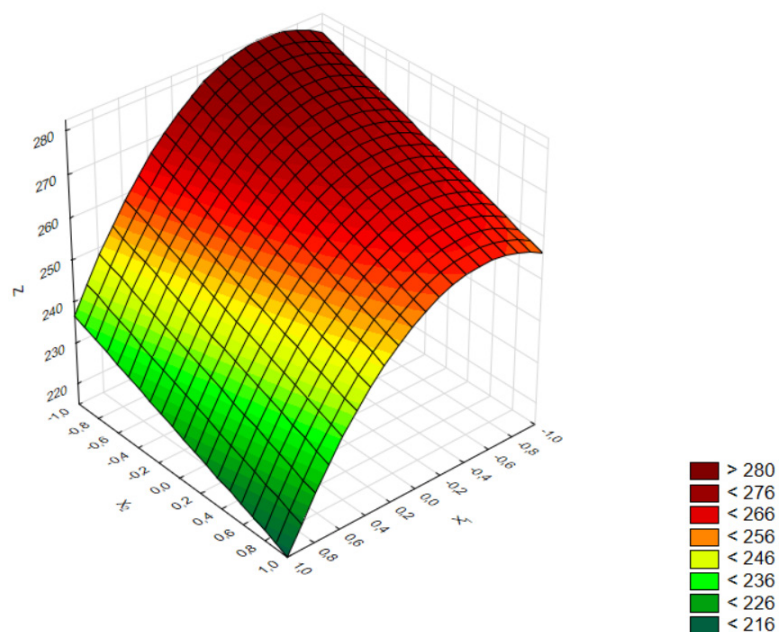


Рисунок 3 – Графическая зависимость капиллярности (мм/час) от концентрации целлюлолитического и пектолитического ферментных препаратов
 Figure 3 – Graphical dependence of capillarity (mm/hour) on the concentration of cellulolytic and pectolytic enzyme preparations



а



б (b)

Рисунок 4 – Графическая зависимость разрывной нагрузки (N) по основе (а) и утку (б) от концентрации целлюлолитического и пектолитического ферментных препаратов
 Figure 4 – Graphical dependence of breaking load (N) on the warp (a) and weft (b) on the concentration of cellulolytic and pectolytic enzyme preparations

свойства материала, улучшая при этом гидрофильные. Увеличение гигроскопичности и капиллярности хлопчатобумажной ткани обусловлено гидролитическим расщеплением пектиновых веществ целлюлозного волокна и самой целлюлозы (Koksharov et al., 2015). Таким образом, придание текстильному материалу высокой гидрофильности достигается за счет деструкции гидрофобных примесей (воскообразных веществ, пектина, зольных веществ), а также нарушения связей между примесями волокна и непосредственно целлюлозой (Чешкова, 2007).

На все свойства в большей степени оказывает влияние концентрация препарата, обладающего целлюлолитической активностью. На показатель гигроскопичности концентрация пектиназы не оказывает влияния вовсе. Полученные результаты позволяют предположить, что наиболее ценными ферментами для лучшей подготовки хлопковых тканей являются целлюлазы, частично разрушающие первичную стенку целлюлозных волокон (Барышева, 2006).

Разрывная нагрузка ткани в обоих направлениях уменьшается после биообработки вне зависимости от вида используемого фермента. Это происходит за счет гидролиза целлюлозы. Целлюлозные материалы являются по физической структуре аморфно-кристаллическими полимерами, у которых большей доступностью отличаются аморфные области, поэтому с них и начинается гидролиз, так как в эти структурные области в первую очередь проникают белковые молекулы фермента (Алеева и др., 2018).

Для выявления области рациональных решений необходимо установить ограничения на выходные параметры (свойства материала), которые регламентируются ГОСТ 29298-2005 «Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Общие технические условия», а также рекомендациями производителя хлопчатобумажных постельных тканей ОАО «БПХО»:

- разрывная нагрузка по основе – не менее 294 Н;
- разрывная нагрузка по утку – не менее 196 Н;
- гигроскопичность – не менее 15 %;
- капиллярность – не менее 150 мм/60 мин.

Анализ графиков позволяет выбрать область рациональных значений концентрации ферментных препаратов в составе полиферментной композиции: концентрация Целлюлаза VI – 2,5–3 г/л, концентрация Пектиназа – 2,5–3 г/л.

Выводы

В результате обработки экспериментальных данных получены теоретико-экспериментальные зависимости эксплуатационных свойств хлопчатобумажных тканей после биоотварки от качественного и количественного состава полиферментной композиции белорусского производства. По полученным моделям построены графические образы зависимости свойств хлопчатобумажных тканей после биоотварки от качественного и количественного состава полиферментной композиции. Согласно анализу полученных моделей, установлено:

- увеличение концентрации препаратов ухудшает прочностные свойства материала, улучшая при этом гидрофильные;
- разрывная нагрузка ткани в обоих направлениях уменьшается после биообработки вне зависимости от вида используемого фермента;
- на все исследуемые свойства (капиллярность, гигроскопичность, разрывная нагрузка по основе и утку) в большей степени оказывает влияние концентрация препарата, обладающего целлюлолитической активностью.

Исходя из анализа графиков зависимости гигиенических и физико-механических свойств хлопчатобумажных тканей после биоотварки от состава полиферментной композиции определены рациональные концентрации ферментных препаратов белорусского производства: Энзитекс ЦКО – 2,5–3 г/л, Энзитекс Био-К – 2,5–3 г/л.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Алеева, С.В. (2014). *Методологические основы совершенствования процессов биохимической модификации льняных текстильных материалов*. Иваново: ИВГПУ, Российская Федерация.

Алеева, С.В., Лепилова, О.В. и Кокшаров, С.А. (2018). Биохимические методы развития удельной поверхности льняных материалов для получения сорбентов и демпфирующих композитов. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, no. 4, С. 89–95.

Барышева, Н.В. (2006). *Разработка основ ферментативной технологии отварки хлопчатобумажных тканей*. Москва: РГБ, Российская Федерация.

Бойко, А.Ф. и Кудеников, Е.Ю. (2016). Точный метод расчета необходимого количества повторных опытов. *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*, no. 8, С. 128–132.

Калдыбаев, Р.Т., Набиев, Д.С. и Калдыбаева, Г.Ю. (2020). Исследование влияния пероксидной отбелилки на вязкость и степени белизны хлопковой целлюлозы. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, no. 4, С. 88–93.

Котко, К.А., Ясинская, Н.Н. и Скобова, Н.В. (2020). Нетрадиционный способ придания мягкости хлопкольным махровым изделиям. *Материалы и технологии*, no. 5, С. 7–10.

Кулигин, М.Л. и Евдокимова, В.А. (2012). Разработка технологии расшлихтовки хлопчатобумажных текстильных материалов. *Вісник Хмельницького національного університету*, no. 5, С. 107–111.

Ленько, К.А. и Ясинская, Н.Н. (2022). Исследование содержания примесей хлопкового волокна после биохимической подготовки к крашению с использованием полиферментных композиций. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, no. 5, С. 118–126.

Марущак, Ю.И., Ясинская, Н.Н., Скобова, Н.В. и Сергеев В.Ю. (2023). Зависимость физико-механических свойств экокож от условий формирования полимерного покрытия. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, no. 44, С. 102–113.

Переволоцкая, В.К., Афанасьева, В.А. и Головина, Л.А. (2002). Применения в льноотделочном производстве фермента Целлювиридина Г2Х. *Журнал российского химического общества им. Д. И. Менделеева*, vol. XLVI, no. 2, С. 52–55.

Рахматуллина, Г.Р. и Панкова, Е.А. (2022). Инновационные, экологически безопасные технологии получения высококачественных кож. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, vol. 397, no. 1, С. 192–196.

Топорищева, Н.А., Чешкова, А.В., Каменева, О.А. и Кузнецова, А.А. (2022). Практика колорирования тканей на основе котонина с сохранением природной окраски лигнина льна. *Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2022)*, vol. 1, С. 49–51.

Чешкова, А.В. (2007). *Ферменты и технологии для текстиля, моющих средств, кожи, меха*. Иваново: ИВГПУ, Российская Федерация.

Ясинская, Н.Н., Скобова, Н.В. и Ленько, К.А. (2021). Оценка возможности перехода на энергосберегающий режим крашения целлюлозных материалов. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, no. 40, С. 158–167.

Koksharov, S.A., Aleeva, S.V. and Lepilova, O.V. (2015). Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the processes of its preparation for spinning. *AUTEX Research journal*, vol. 3, pp. 215–225.

REFERENCES

Aleeva, S.V. (2014). *Metodologicheskie osnovy sovershenstvovaniya processov biohimicheskoy modifikacii l'nyanyh tekstil'nyh materialov* [Methodological bases of improvement of processes of biochemical modification of linen textile materials]. Ivanovo: IVGPU, Russian Federation (in Russian).

Aleeva, S.V., Lepilova, O.V. and Koksharov, S.A. (2018). Biochemical methods for the development of specific surface area of linen materials for the production of sorbents and damping composites [Biohimicheskie metody razvitiya udel'noj poverhnosti l'nyanyh materialov dlya polucheniya sorbentov i dempfiroyushchih kompozitov]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij, Seriya Teknologiya Tekstil'noj Promyshlennosti*, no. 4, pp. 89–95 (in Russian).

Barysheva, N.V. (2006). *Razrabotka osnov fermentativnoj tekhnologii otvarki hlopchatobumazhnyh tkanej* [Development of the basis of enzymatic technology for scouring cotton fabrics]. Moskva: RGB, Russian Federation (in Russian).

Bojko, A.F., Kudenikov and E.Yu. (2016). A precise method for calculating the required number of repeat experiments [Tochnyj metod rascheta neobhodimogo kolichestva povtornyh opytov]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo*

tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova = Bulletin of V.G. Shukhov Belgorod State Technological University, no. 8, pp. 128–132 [in Russian].

Kaldybaev, R.T., Nabiev, D.S. and Kaldybaeva, G.YU. (2020). Investigation of the effect of peroxide bleaching on viscosity and whiteness of cotton pulp [Issledovanie vliyaniya peroksidnoj otbelki na vyazkost' i stepeni belizny hlopkovoj cellyulozy]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noj Promyshlennosti*, no. 4, pp. 88–93 [in Russian].

Kotko, K.A. Yasinskaya, N.N. and Skobova, N.V. (2020). Non-traditional method of giving softness to cotton terry products [Netradicionnyj sposob pridaniya myagkosti hlopkol'nyanym mahrovym izdeliyam]. *Materialy i tekhnologii = Materials and technologies*, no. 5, pp. 7–10 [in Russian].

Kuligin, M.L. and Evdokimova, V.A. (2012). Development of the technology of cotton textile materials grinding [Razrabotka tekhnologii rasshlihtovki hlopchatobumazhnyh tekstil'nyh materialov]. *Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu = Bulletin of Khmelnytsky National University*, no. 5, pp. 107–111 [in Russian].

Len'ko, K.A. and Yasinskaya, N.N. (2022). Investigation of cotton fiber impurity content after biochemical preparation for dyeing using polyenzyme compositions [Issledovanie sodержaniya primesej hlopkovogo volokna posle biohimicheskoj podgotovki k krasheniyu s ispol'zovaniem polifermentnyh kompozicij]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noj Promyshlennosti*, no. 5, pp. 118–126 [in Russian].

Marushchak, Yu.I., Yasinskaya, N.N., Skobova, N.V. and Sergeev V.Yu. (2023). Dependence of physical and mechanical properties of eco-leathers on conditions of polymer coating formation [Zavisimost' fiziko-mekhanicheskikh svoystv ekokozh ot uslovij formirovaniya polimernogo pokrytiya]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, no. 1 (44), pp. 102–113 [in Russian].

Perevolockaya, V.K., Afanas'eva, V.A. and Golovina, L.A. (2002). Applications of Celloviridin G2X enzyme in flax finishing production [Primeneniya v l'nootdelochnom proizvodstve fermenta Celloviridina G2H]. *Zhurnal rossijskogo himicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva = Journal of the Russian Chemical Society named after D.I. Mendeleev*, vol. XLVI, no. 2, pp. 52–55 [in Russian].

Rahmatullina, G.R. and Pankova, E.A. (2022). Innovative, environmentally friendly technologies for the production of high-quality leathers [Innovacionnye, ekologicheski bezopasnye tekhnologii polucheniya vysokokachestvennyh kozh]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noj Promyshlennosti*, vol. 397, no. 1, pp. 192–196 [in Russian].

Toporishcheva, N.A., Cheshkova, A.V., Kameneva, O.A. and Kuznecova, A.A. (2022). Practice of coloring cottonin-based fabrics with preservation of natural coloration of lignin of linen [Praktika kolorirovaniya tkanej na osnove kotonina s sohraneniem prirodnoj okraski lignina l'na]. *Dizajn, tekhnologii i innovacii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (INNOVACII-2022) = Design, technology and innovation in textile and light industry (INNOVATIONS-2022)*, vol. 1, pp. 49–51 [in Russian].

Cheshkova, A.V. (2007). *Fermenty i tekhnologii dlya tekstilya, moyushchih sredstv, kozhi, mekha* [Enzymes and technologies for textiles, detergents, leather, fur]. Ivanovo: IVGPU, Russian Federation [in Russian].

Yasinskaya, N.N., Skobova, N.V. and Len'ko, K.A. (2021). Assessment of the possibility of transition to energy-saving mode of dyeing of cellulose materials [Ocenka vozmozhnosti perekhoda na energosberegayushchij rezhim krasheniya cellyuloznyh materialov]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, no. 1 (40), pp. 158–167 [in Russian].

Koksharov, S.A., Aleeva, S.V. and Lepilova, O.V. (2015). Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the processes of its preparation for spinning. *AUTEX Research journal*, vol. 3, pp. 215–225.

Информация об авторах

Information about the authors

Ленько Ксения Александровна

Аспирант кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: kotya240497@mail.ru

Ясинская Наталья Николаевна

Доктор технических наук, заведующий кафедрой «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: yasinskayNN@rambler.ru

Скобова Наталья Викторовна

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: skobova-nv@mail.ru

Ksenia A. Lenko

Postgraduate Student at the Department «Ecology and Chemical Technologies», Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: kotya240497@mail.ru

Natallia N. Yasinskaya

Doctor of Sciences (in Engineering), Chair of the Department «Ecology and Chemical Technologies», Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: yasinskayNN@rambler.ru

Natallia V. Skobova

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department «Ecology and Chemical Technologies», Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: skobova-nv@mail.ru

УДК 691.4:66.022

DOI: <https://doi.org/10.24412/2079-7958-2024-3-85-96>

Исследование эффективности использования добавки боя стекла при изготовлении керамических материалов

А. В. Гречаников¹,**А. С. Ковчур**¹,**П. И. Манак**²,**И. А. Тимонов**¹¹*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*²*Унитарное коммунальное производственное предприятие**«Витебское городское жилищно-коммунальное хозяйство», Республика Беларусь*

Аннотация. Актуальной задачей строительной индустрии является производство эффективных материалов строительного назначения, характеризующихся высокими физико-механическими свойствами, долговечностью, эксплуатационными и эстетическими показателями, низкой стоимостью. При этом особое внимание уделяется вопросам импортозамещения, рационального использования сырьевых и энергоресурсов, внедрения малоотходных технологий, снижения неконтролируемого воздействия деятельности человека на окружающую среду. В статье представлены результаты исследований эффективности использования добавки на основе боя стекла при изготовлении керамических строительных материалов. В работе рассмотрены направления использования отходов стекла, проведено исследование физико-механических свойств керамических материалов с использованием добавки на основе боя стекла. Установлено, что полученные образцы керамических изделий с добавкой боя стекла соответствуют требованиям СТБ 1160-99, рекомендуемое количество боя стекла, используемого в качестве добавки для улучшения физико-химических свойств изделий строительной керамики (кирпича керамического для кладки наружных и внутренних стен зданий и сооружений), находится в интервале от 5 до 10 % сверх 100 % основного состава смеси. Полученные результаты позволяют использовать бой стекла в качестве высокотемпературных добавок (плавней) при производстве изделий строительной и клинкерной керамики, соответствующих требованиям технических нормативных правовых актов, расширить ассортимент строительной керамики и улучшить экологическую ситуацию.

Ключевые слова: строительная керамика, кирпич керамический, бой стекла, стеклянный порошок, отходы стекольной промышленности.

Информация о статье: поступила 29 августа 2024 года.

Research on the effectiveness of using the additive of break glass in the production of ceramic materials

Aliaksandr V. Hrachanikau¹,**Andrei S. Kauchur**¹,**Pavel I. Manak**²,**Ivan A. Tsimanov**¹¹*Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus*²*Unitary communal production enterprise**"Vitebsk city housing and communal services", Republic of Belarus*

Abstract. An urgent task of the construction industry is the production of effective building materials characterized by high physical and mechanical properties, durability, operational and aesthetic qualities, and low cost. At the same time, special attention is paid to the issues of import substitution, rational use of raw materials and energy resources, the introduction of low-waste technologies, and the reduction of the uncontrolled impact of human activities on the environment. The paper presents the results of research on the effectiveness of the use of an additive based on broken glass in the manufacture of ceramic building materials. The paper considers the directions of using glass waste and conducts a study of the physical and mechanical properties of ceramic materials with an additive based on broken glass. It has been established that the obtained samples of ceramic products with the addition of broken glass meet the requirements of STB 1160-99, the recommended amount of broken glass used as an additive to improve the physical and chemical properties of building

ceramics (ceramic bricks for masonry of external and internal walls of buildings and structures) is in the range from 5 to 10 % in excess of 100 % of the basic composition of the mixture. The results obtained indicate the potential to use broken glass as high-temperature additives (melts) in the production of construction and clinker ceramics that meet the requirements of technical regulatory legal acts, to expand the range of construction ceramics and improve the environmental situation.

Keywords: building ceramics, ceramic bricks, broken glass, glass powder, glass industry wastes.

Article info: received August 29, 2024.

Введение

Одним из направлений использования различного вида техногенных продуктов является производство эффективных композиционных материалов в различных отраслях народного хозяйства, характеризующихся высокими физико-механическими свойствами, долговечностью, эксплуатационными и эстетическими показателями, низкой стоимостью. При этом особое внимание уделяется вопросам импортозамещения, рационального использования сырьевых и энергоресурсов, внедрения малоотходных технологий, снижения неконтролируемого воздействия деятельности человека на окружающую среду (Минько и Калатоzi, 2018).

В настоящее время на территории Витебской области предприятиями по сбору вторичных ресурсов собирается большое количество боя стекла, часть из которого возвращается на стекольные заводы для переработки, но объемы его сбора превышают потребности стекольных заводов (Волочко и др., 2023).

Стеклобой представляет собой трудноутилизируемый отход, неподвергающийся воздействию воды, атмосферных явлений (осадков, солнечной радиации, температурных перепадов) и не разрушающийся под воздействием органических, минеральных и биологически активных организмов (Минько и Калатоzi, 2018).

Согласно классификатору отходов Республики Беларусь отходы стекла представлены следующими видами: 3140801 – стеклобой бесцветный тарный; 3140803 – стеклобой полубелый тарный; 3140804 – стеклобой полубелый листовой; 3140805 – стеклобой зеленый тарный; 3140806 – стеклобой коричневый тарный; 3140816 – стеклобой загрязненный; 31440827–314408378 – стеклобой при затаривании различных видов алкогольных и безалкогольных напитков; 31444840–31444843 – стеклобой при использовании стекла в строительстве; 3140899 – стеклобой прочий. Указанные виды стеклобоя относятся к категории неопасных отходов [ОКРБ 021-2019, 2019].

В работе (Шелковникова и др., 2019) был проведен анализ возможных путей утилизации стеклобоя (рисун

ок 1).

Промышленное и гражданское строительство требует постоянного увеличения производства различных строительных материалов. В настоящее время актуально использование недефицитного сырья и отходов для их производства (Чупрова, 2016).

Бой стекла применяется в дорожном строительстве в составе асфальтобетона или так называемого гласфальта (от англ. glass – стекло, asphalt – асфальт) (Гайдук, Литвинчук и Васильева, 2017). Стеклобой используется в качестве заполнителя при производстве дорожных и тротуарных покрытий (Патент РФ 2632082, 2017), а также для получения стеклянных микрошариков, которые могут быть использованы в том числе при изготовлении световозвращающих устройств для дорог (Патент РФ 2692712, 2017).

Стеклобой широко используется в качестве заменителя природного сырья. Измельченный стеклобой может быть использован при производстве цветной декоративной облицовочной плитки, декоративном оформлении жилых и промышленных зданий и сооружений, для внутренней отделки помещений, создания декоративных панно и фасадной облицовочной и теплоизоляционной керамики (плитки, плит, блоков и кирпича). Кроме того, он может применяться в качестве компонента глазури для покрытия плитки (Зеленев и Белов, 2022).

В работе (Panzera et al., 2013) представлены исследования использования промытого вторичного стекла в качестве замены от 7,5 % до 15 % кварцевого заполнителя в бетонах, используемых для производства кровельной черепицы. Результаты показали, что вложение 7,5 % промытого вторичного стекла в сочетании с 7,5 % метакаолина обеспечивает эквивалентные характеристики по сравнению с эталонным полусухим сборным бетоном.

В работе (Мелконян, 1986) рассмотрена технология подготовки стеклобоя, состоящего из отходов стекла, и его грануляции для введения в состав рабочих смесей декоративного и основного слоя, а также процесса спекания отходов стекла различного химического состава.



Рисунок 1 – Схема направлений использования боя стекла
 Figure 1 – Water absorption of samples with the addition of broken glass

Для получения стеклогранулята стеклобой измельчают в дробилке, отделяют фракцию 1–5 мм, так как стеклобой такой фракции не используется стеклотарными заводами. Металлические, керамические включения, этикетки отделяют в процессе переработки стекла в стеклогранулят. Температурный интервал спекания 860–960 °С соответствует технологическим параметрам двухъярусной туннельной печи. В работе (Павлушкина и Кисиленко, 2011) рассмотрены вопросы образования стеклобоя как в виде твердых бытовых отходов, так и на предприятиях промпереработки листового стекла. В работе показана перспектива использования стеклобоя при изготовлении материалов различного назначения. Декоративные облицовочные материалы – стеклокремнезит, стеклокерамит, прессованные плитки и смальта могут быть получены широкой цветовой гаммы, разной конфигурации и размеров.

Авторы статьи (Женжурист, Хозин и Низамов, 2019) рассматривают возможность использования боя автомобильного стекла и отходов стекловолокна в качестве композиционной добавки для получения лицевой керамики и клинкера на основе местных кирпичных глин.

Стеклобой используется для получения зернистых материалов – гранулированного пеностекла, щебня и

гравия из пеностекла, песка. Эти материалы имеют высокие эксплуатационные характеристики: негорючи, нетоксичны, биостойки, обладают низкой теплопроводностью, водостойки, пароводонепроницаемы, безусадочны и долговечны (Баранов и др., 2018; Jani and Hogland, 2014; Vumanis et al., 2013).

В Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете (НИУ МГСУ) проводились различные исследования (Л. И. Дворкин и О. Л. Дворкин, 2007) возможности применения тонкоизмельченного боя искусственных стекол в качестве наполнителей и заполнителей для бетона и для получения вяжущих как автоклавного, так и неавтоклавного твердения. Были получены новые строительные материалы, которые характеризовались высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. В частности, элементы мощения, изготовленные по вибропрессовой технологии, имели прочность при сжатии от 35 до 60 МПа, морозостойкость F1 более 250 циклов и характеризовались высокой коррозионной стойкостью по отношению к солям, кислотам, щелочам. В нём также велась разработка состава вяжущего для получения конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона неавтоклавного твердения со следующими показателя-

ми: марки по плотности – D600–D800, классы по прочности – B1,5–B2,5, теплопроводность – 0,12–0,16 Вт/м·°C (Патент РФ 2606486, 2017).

В статье (Минько и Калатоци, 2018) подчеркнута, что использование стеклобоя позволяет получить бетоны с характеристиками, превосходящими по прочности обычные бетоны на песчаном заполнителе. Такое увеличение прочности будет достигаться за счет поверхностной кристаллизации крупного заполнителя. Кроме того, в этой работе говорится о возможности использования тонкодисперсного стекла, но уже в виде вяжущего или с дальнейшей переработкой в пеностекло. В работе (Пузанов, 2007) были рассмотрены различные фракционные составы стеклобоя в бетоне и проанализировано их влияние на итоговую прочность. Экспериментально установлено, что мелкие и крупные фракции стекла применять нецелесообразно по причине большей вероятности протекания силикатно-щелочной реакции, однако ее можно подавить при помощи добавок или путем предварительной термообработки.

В работе (Serpa et al., 2013) представлены результаты использования вторичного стеклянного материала в качестве заполнителя в цементных растворах, чтобы убедиться в их применимости в бетоне. Включение отходов стекла в качестве замены цемента или даже в качестве заполнителя может снизить эффект, связанный со щелочно-кремниевой реакцией.

В западных странах также создаются новые материалы на основе стеклобоя. В Америке изобретены белые и цветные кирпичи, сделанные из стеклобоя и макулатуры, а также материал тиксит, получаемый из дробленого стеклобоя, строительного бутового камня и глины. В Великобритании известно применение стеклобоя в качестве материала или основы для дренажа для многослойных конструкций в пределах проезжей части автомобильной дороги (Meland & Dahl, 2001).

Исследование, приведённое в работе (Darweesh, 2019), показывает возможности использования наночастиц отходов стекла с исходной керамической смесью для производства настенной и напольной плитки. Результаты исследований показали, что стекло способствует улучшению теплофизических и механических свойств, а также микроструктуры подготовленных образцов, содержащих до 25 масс. % стекла, обожженного при 1150 °C. Добавление большого количества стекла (> 25 масс. %) в керамическую массу нежелательно из-за его негативного влияния на физико-механические и

эксплуатационные свойства обожженных изделий.

Основными сырьевыми материалами для производства керамических изделий являются глины и каолины. Наряду с этим широко используются смеси с различными добавками, например, плавнями, отощающими, порообразующими, пластифицирующими. Отощающие и выгорающие добавки, такие, как шамот, торф и т. п., вводятся в состав керамической массы для понижения пластичности и уменьшения воздушной и огневой усадки глин. Порообразующие материалы (молотые мел, доломит) вводят в сырьевую массу для повышения пористости и понижения теплопроводности. Эти добавки при обжиге выделяют диоксид углерода. А отощающие и выгорающие добавки (торф, древесные опилки, измельченный бурый уголь, отходы углеобогажительных фабрик и лигнин) способствуют равномерному спеканию керамического изделия. Плавни (полевые шпаты, железная руда, доломит, магнезит, тальк) добавляются для снижения температуры спекания глины.

Для повышения качества керамических изделий, снижения их себестоимости ведётся исследовательская работа по поиску добавок, которые могут быть использованы в производстве. Результаты исследований по использованию добавок в керамическую массу позволяют получить информацию об их влиянии на физико-механические свойства керамики, а также проводить оптимизацию составов керамических масс для получения продукции с высокими потребительскими характеристиками (Волочко и др., 2023). В работе (Шишакина и Паламарчук, 2019) рассмотрено применение плавней при производстве керамических материалов.

В Витебской области отходы стекла – бутылки, банки, битая тара – используются как возвратный отход для стеклозаводов в Гродно, Гомеле, поселке Елизово. Также стеклобой в Республике Беларусь применяется при изготовлении строительных материалов, керамической плитки, в производстве краски для дорожной разметки.

В рамках проекта «Разработка рекомендаций по использованию добавки на основе боя стекла, стеклянного порошка при изготовлении керамических материалов», выполняемого по заданию ОАО «Обольский керамический завод» проведены исследования по применению добавки на основе боя стекла при производстве керамического кирпича на сырье и технологическом оборудовании ОАО «Обольский керамический завод», что в свою очередь позволит расширить ассортимент выпускаемой продукции, возможности переработки боя

стекла в Витебской области, улучшению экологической ситуации и снижению энергозатрат на предприятии.

Целью работы является оценка эффективности использования добавки на основе боя стекла для получения керамического кирпича, изготавливаемого из местного глинистого сырья.

Объекты и методы исследований

Для проведения исследований керамических строительных материалов с добавкой боя стекла в качестве основного глинистого сырья использовалась глина месторождения «Заполье» – основное сырьё для ОАО «Обольский керамический завод» (Волочко и др., 2023). Указанная глина имеет следующие характеристики: глинистая порода светло-коричневого цвета, структура крупнодисперсная, текстура беспорядочная (комковатая); легко поддается дроблению, хорошо размокает в воде, бурно вскипает, обработанная 10 % раствором HCl. По числу пластичности глина относится к группе умеренно пластичного сырья (число пластичности 5–7). По чувствительности к сушке (по Чижевскому) – к группе высокочувствительного. По показателям огнеупорности сырья является легкоплавкой (1139 °C). По степени спекания глинистое сырьё относится к группе неспекающихся. Содержит до 15 % Al_2O_3 , и до 55 % SiO_2 , при этом количество свободного SiO_2 может достигать 25 % (Волочко, Подболотов и Дятлова, 2013; Левицкий и Пиц, 2002).

В качестве отсевающих материалов были выбраны – отсев из материалов дробления горных пород (далее отсев), речной песок, бой стекла и теннисит. Гранулометрический состав используемых отсеющих приведен в таблице 1.

Теннисит – технологические отходы производства кирпича. Насыпная плотность теннисита 1100 кг/м³. Величина зёрен теннисита не более 5 мм. Стекланный бой незагрязненный (исключая бой стекла электронно-лучевых трубок и люминесцентных ламп) состоит из следующих компонентов: SiO_2 – 72,5 %; Al_2O_3 – 2,5 %; MgO – 2,5 %; CaO – 7 %; Na_2O – 15,5 %. Для проведения исследований физико-механических свойств керамических материалов с использованием добавки на основе боя стекла были подготовлены экспериментальные составы керамических масс (таблица 2).

Состав № 1 – базовый, без добавки боя стекла. Относительно свойств образцов изготовленных из этого состава делалось сравнение по введению добавок стеклобоя на свойства керамических материалов (составы № 2–№ 4 соответственно).

Подготовка экспериментальных образцов проводилась следующим образом. Пластическую керамическую массу изготовили путём смешивания предварительно взвешенных компонентов с последующим добавлением воды до влажности массы 17–19 %. Затем масса выležивалась не менее 24 ч. Для изготовления образцов использовался метод пластического формования. Образцы изготавливали в виде кирпичей размером 65×30×15 мм и цилиндров диаметром 30 мм и высотой 30–40 мм методом ручной набивки пластической массы в металлические формы. После изготовления образцы подвяливались не менее 24 ч на воздухе. Затем образцы высушивались в сушильном шкафу при температуре 100±10 °C. Высушенные образцы подвергались термической обработке в лабораторной электропечи при температуре 1000 °C с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

Таблица 1 – Гранулометрический состав отсеющих

Table 1 – Particle size distribution of leaner

Фракция	Содержание фракции, мас. %			
	отсев	речной песок	бой стекла	теннисит
> 2,5 мм	29,5	3,57	1,11	11,56
1,6–2,5 мм	13,25	3,85	22,70	13,9
1–1,6 мм	11,5	7,7	28,16	14,68
0,315–1 мм	19,5	53,55	36,21	28,2
< 0,315 мм	26,25	31,33	11,82	31,66

Таблица 2 – Экспериментальные составы (массовое содержание компонентов)

Table 2 – Experimental compositions (mass content of components)

Компонент / состав	Номера образцов				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Глина месторождение «Заполье»	78	78	78	78	78
Песок речной	15	12,5	10	7,5	5
Отсев	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Теннисит	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Добавка боя стекла	0	2,5	5	7,5	10

Результаты исследований

Для оценки эффективности использования добавки на основе боя стекла экспериментальные образцы керамического кирпича исследовались по следующим физико-химическим характеристикам: коэффициент чувствительности к сушке, сушильная усадка, водопоглощение, кажущаяся плотность и открытая пористость, а также прочность при сжатии и изгибе. Полученные результаты определения основных физико-химических свойств образцов приведены в таблице 3.

Закономерности физико-химических свойств керамического кирпича от введения добавки приведены на рисунках 2, 3.

Анализ полученных результатов

Анализируя физико-химические свойства образцов составов № 2–№ 5 по сравнению с базовым № 1 можно отметить следующее.

Сушильная усадка и коэффициент чувствительности к сушке изменяются незначительно (от 4,82 до 3,87 % и от 0,59 до 0,49 соответственно). При этом максимальное значение сушильной усадки в 4,82 % и коэффици-

ента чувствительности к сушке – 0,59 имеют образцы базового состава № 1, а минимальное значение этих параметров у образцов состава № 5 (3,87 % и 0,49 соответственно). С уменьшением количества боя стекла в смеси сушильная усадка и чувствительность к сушке образцов увеличивается. Это можно объяснить тем, что в составе боя стекла основную часть составляет фракция с размером зёрен более 1 мм (более 50 %, таблица 1), в отличие речного песка и отсева, у которых основная часть представлена фракцией с размером зёрен менее 1 мм.

Влияние добавки боя стекла на показатели водопоглощения, кажущей плотности и открытой пористости незначительно от 15,10 до 15,97 % – по водопоглощению, от 1832,31 до 1873,31 кг/м³ – по кажущейся плотности и от 28,29 до 29,38 % по открытой пористости соответственно.

Минимальное значение водопоглощения 15,10 % у образцов состава № 5, максимальное значение водопоглощения 15,97 % у образцов состава № 2. Максимальное значение кажущейся плотности имеют образцы состава № 5. Минимальное значение открытой пори-

Таблица 3 – Физико-химические свойства образцов

Table 3 – Physicochemical properties of samples

Свойства	Составы керамических масс				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Сушильная усадка, %	4,82	4,45	4,66	4,09	3,87
Коэффициент чувствительности к сушке, Кч	0,59	0,52	0,57	0,50	0,49
Водопоглощение, %	15,67	15,97	15,94	15,50	15,10
Кажущая плотность, кг/м ³	1836,44	1832,20	1843,22	1856,94	1873,31
Открытая пористость, %	28,77	29,26	29,38	28,79	28,29

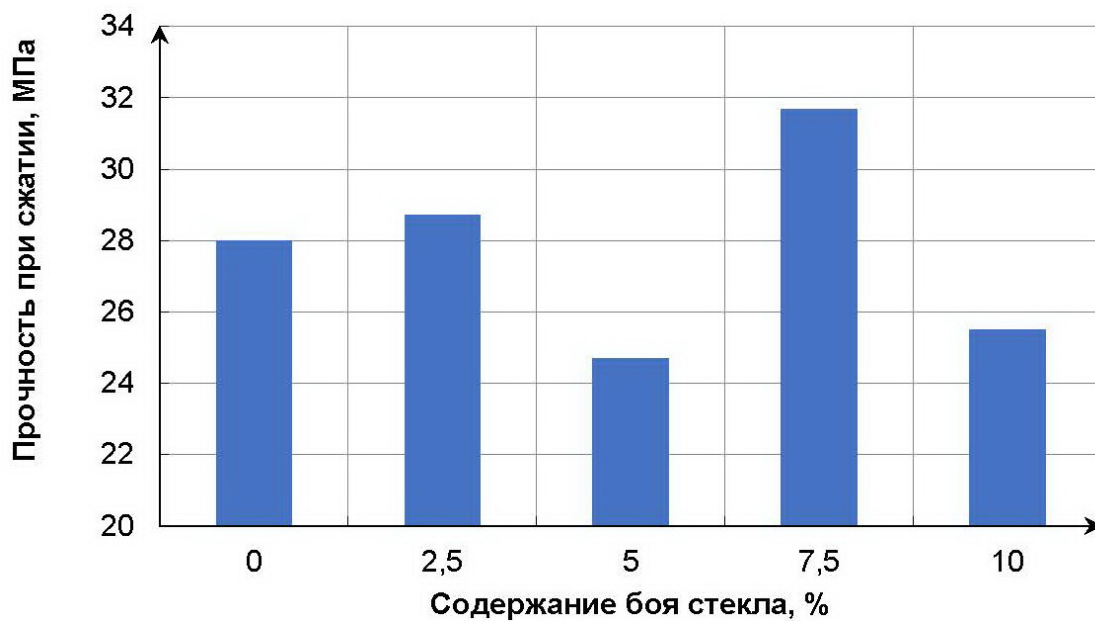


Рисунок 2 – Прочность при сжатии образцов с добавкой боя стекла
Figure 2 – Compressive strength of specimens with the addition of broken glass

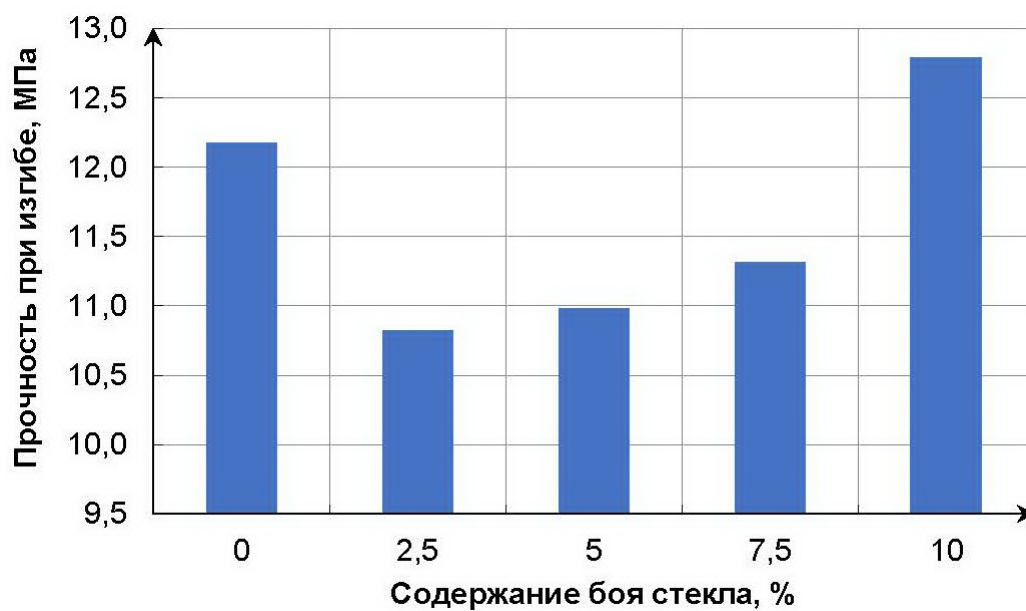


Рисунок 3 – Прочность при изгибе образцов с добавкой боя стекла
Figure 3 – Bending strength of specimens with the addition of broken glass

стои 28,29 % у образцов состава № 5, а максимальное 29,38 % – у образцов состава № 3. Это можно объяснить тем, что небольшое количество стекла расплавляется и впитывается глинистым веществом во время обжига и на месте зёрен стекла образуются поры. При дальнейшем увеличении количества стекла, образовавшийся из него во время обжига расплав насыщает глинистое вещество и далее уже начинает действовать как плавень, т. е. сплавляет глинистые минералы с закрытием пор и как следствие приводит к снижению водопоглощения. Кажущаяся плотность образцов с ростом количества добавки боя стекла в составе шихты, увеличивается. Это объясняется увеличением массы образцов при сохранении ими их объёма с одновременным закрытием открытой пористости расплавом стекла.

Анализируя полученные закономерности прочности при сжатии и изгибе строительной керамики от введения добавки (рисунок 2, 3) видно, что прочность при сжатии образцов составов находится в интервале 24,71–31,68 МПа. Максимальная прочность при сжатии присутствует у образцов состава № 4. Прочность при изгибе изменяется в интервале 10,82–12,79 МПа. Максимальная прочность при изгибе наблюдается у образцов № 5. Добавка боя стекла в шихту сначала снижает прочность при изгибе, а затем увеличивает. Это также может быть объяснено взаимодействием расплава стекла с глинистым веществом, когда небольшое его количество впитывается в основную массу, оставляя поры, а при увеличении – играет роль плавня, спекая глину в однородную массу.

Полученные данные согласуются с ранее известными результатами исследований в этой области.

Выводы

Изделия строительной керамики (кирпич керамический для кладки наружных и внутренних стен зданий и

сооружений) должны отвечать следующим основным требованиям по СТБ 1160-99:

- предел прочности при сжатии – не менее 7,5 МПа;
- предел прочности при изгибе – не менее 1,4 МПа;
- водопоглощение должно быть не менее 8 %.

В результате проведенных исследований установлено:

– полученные образцы керамического кирпича с добавкой боя стекла соответствуют требованиям СТБ 1160-99;

– введение в состав шихт боя стекла приводит к увеличению прочности при сжатии. Водопоглощение и кажущаяся плотность изменяются незначительно. Бой стекла при нагревании образует пиропластическую массу, которая участвует в процессе спекания глины и отощителей, образуя прочную структуру, тем самым увеличивая механическую прочность;

– оптимальное количество боя стекла, используемого в качестве добавки при производстве кирпича керамического для кладки наружных и внутренних стен зданий и сооружений, находится в интервале от 5 до 10 %;

– добавление боя стекла в количестве от 5 до 10 % при производстве керамического кирпича из глинистого сырья «Заполье» способствует появлению расплава, что приводит к процессам кристаллизации твердых минералов из расплава и увеличению количества стеклофазы, определяющей прочностные свойства керамических изделий;

– введение в состав шихт боя стекла в качестве отощителя взамен части песка при неизменности температуры спекания кирпича в соответствии с технологическим процессом производства на ОАО «Обольский керамический завод» позволяет получить изделия соответствующее требованиям СТБ и расширить возможности переработки боя стекла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Бетонная смесь, патент 2632082 / Тимохин, Д.К., Геранина, Ю.С., Страхов, А.В. и Иващенко, Ю.Г. Российская Федерация, опубликован 02.10.2017.

Волочко, А.Т., Манах, П.И., Подболотов, К.Б. и Хорт, Н.А. (2023). Использование промышленных отходов в производстве изделий строительной керамики. Современные методы и технологии создания и обработки материалов, *Сборник научных трудов*. Кн. 1. Материаловедение, С. 187–197.

Волочко, А.Т., Подболотов, К.Б. и Дятлова, Е.М. (2013). *Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы*. Минск: Беларуская навука, Республика Беларусь.

Гайдук, Д.М., Литвинчук, М.А. и Васильева, Е.И. (2017). Стеклобой как альтернатива природному мелкому заполнителю в асфальтобетонах. *Инновации в строительстве и эксплуатации дорожно-строительного комплекса: Международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов*. Минск, БНТУ, С. 51–53.

Дворкин, Л.И. и Дворкин, О.Л. (2007). *Строительные материалы из отходов промышленности*. Москва: Феникс, Российская Федерация.

Женжурис, И.А., Хозин, В.Г., и Низамов, Р.К. (2019). Использование промышленных отходов стеклоизделий в технологии строительной керамики, *Строительные материалы*, № 12, С. 34–36., DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-34-36>.

Зеленев, Е.А. и Белов, В.В. (2022). Использование стеклобоя как вторичного заполнителя в составе цементного бетона, *Вестник Тверского государственного технического университета, Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*, № 4 (16), С. 12–20.

Левицкий, И.А. и Пищ, И.В. (2002). *Основы производства керамических плиток*. Минск: БГТУ, Республика Беларусь.

Мелконян, Р.Г. (1986). Использование промышленных отходов при производстве новых строительных материалов, *ЦНИИТЭИМС. Серия 1. Экономия и рациональное использование сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов*, вып. 2, С. 45–49.

Минько, Н.И., и Калатози, В.В. (2018). Использование стеклобоя в технологии материалов строительного назначения, *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*, № 1, С. 82–88. DOI:10.12737/article_5a5dbf09319de9.71561256.

Павлушкина, Т.К. и Кисиленко, Н.Г. (2011). Использование стекольного боя в производстве строительных материалов. *Стекло и керамика*, Т. 84, № 5, С. 27–34.

Пузанов, С.И. (2007). Особенности использования материалов на основе стеклобоя как заполнителей портландцементного бетона. *Строительные материалы*, № 7, С. 12–15.

Способ изготовления стеновых изделий на основе жидкого стекла и стеклобоя методом электропрогрева, патент 260648 / Логунин, А.Ю., Соков, В.Н. и Бегляров А.Э. Российская федерация, опубликован 10.01.2017.

Способ получения микрошариков для световозвращающих покрытий, патент 2692712 / Косяков, А.В., Никулин, С.В., Будов, В.В., Кулигин, С.В., Ишков, А.Д., Сальников, Е.П. и Ровой В.В. Российская Федерация, опубликован 26.06.2019.

Чупрова, Л.В. (2016). Отходы производства и потребления стекла как сырье для получения качественной продукции, *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, № 12-4, С. 640–644. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10898> (дата обращения: 15.09.2024).

Шишакина, О.А. и Паламарчук, А.А. (2019). Применение плавней в производстве керамических материалов. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, № 11, С. 105–109.

Bumanis, G., Bajare, D., Locs, J. and Korjajins, A. (2013). Alkali-silica reactivity of foam glass granules in structure of lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, vol. 47, pp. 274–281.

Darweesh, H.H.M. (2019). Recycling of glass waste in ceramics—part I: physical, mechanical and thermal properties. *SN Applied Sciences*, 1:1274, <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1304-8> (accessed: 15.09.2024).

Jani, Y. and Hogland, W. (2014). Waste glass in the production of cement and concrete – a review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 2, Issue 3, pp. 1767–1775.

Meland, I. and Dahl, P.A. (2001). Recycling glass cullet as concrete aggregates, applicability and durability. *Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium*, Dundee UK, pp. 167–177.

Serpa, D., Silva, Santos, A., de Brito, J., Pontes, J. and Soares, D. (2013). ASR of mortars containing glass. *Construction and Building Materials*, 47, pp. 489–495, <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.058> (accessed: 15.09.2024).

Panzer, T.H., Borges, P.H.R., Sabariz, A.L.R. and Cota, F.P. (2013). Recycled glass as potential aggregate for concrete tiles: a statistical analysis of the physical and engineering properties. *International Journal of Environment and Waste Management*, 12, pp. 280–299, <http://dx.doi.org/10.1504/IJEW.2013.056196> (accessed: 15.09.2024).

REFERENCES

Betonnaya smes' [Concrete mix], patent 2632082 / Timokhin, D.K., Geranina, Yu.S., Strakhov, A.V. and Ivashchenko, Yu.G. Russian Federation, published 02.10.2017 [in Russian].

Valochka, A.T., Manak, P.I., Podbolotov, K.B. and Khort, N.A. (2023). The use of industrial waste in the production of building ceramics [Ispol'zovanie promyshlennykh otkhodov v proizvodstve izdeliy stroitel'noy keramiki]. *Sovremennye metody i tekhnologii sozdaniya i obrabotki materialov, Sbornik. nauchnykh trudov = Modern methods and technologies of creation and processing of materials, Collection of scientific papers*. In 3 books, Book 1. Materials science, pp. 187-197. [In Russian]

Volochko, A.T., Podbolotov, K.B. and Dyatlova, E.M. (2013). *Ogneupornye i tugoplavkie keramicheskie materialy* [Refractory and refractory ceramic materials], Minsk: Belaruskaya navuka, Republic of Belarus [in Russian].

Gaiduk, D.M., Litvinchuk, M.A. and Vasilyeva, E.I. (2017). Glass-breaking as an alternative to natural fine aggregate in asphalt concrete [Stekloboy kak al'ternativa prirodnomu melkomu zapolnitelyu v asfal'tobetonakh]. *Innovatsii v stroitel'stve i ekspluatatsii dorozhno-stroitel'nogo kompleksa: Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh, aspirantov, magistrantov i studentov = Innovations in the construction and operation of the road construction complex: International Scientific and Technical Conference of Young Scientists, graduate students, undergraduates and Students*, Minsk, BNTU, pp. 51-53 [In Russian].

Dvorkin, L.I. and Dvorkin, O.L. (2007). *Stroitel'nye materialy iz otkhodov promyshlennosti* [Construction materials from industrial waste], Moscow: Feniks, Russian Federation [In Russian].

Zhenzhurist, I.A., Hozin, V.G. and Nizamov, R.K. (2019). The use of industrial waste of glass products in the technology of construction ceramics [Ispol'zovanie promyshlennykh otkhodov stekloizdeliy v tekhnologii stroitel'noy keramiki]. *Stroitel'nye Materialy = Construction Materials*. No. 12, pp. 34-36. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-34-36> [In Russian].

Zelenev, E.A. and Belov, V.V. (2022). Use of glass cladding as secondary aggregate in cement concrete [Ispol'zovanie stekloboya kak vtorichnogo zapolnitelya v sostave tsementnogo betona]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, Seriya «Stroitel'stvo. Elektrotekhnika i khimicheskie tekhnologii» = Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology*, No. 4 (16), pp. 12-20 [In Russian].

Levitskii, I.A. and Pishch, I.V. (2002). *Osnovy proizvodstva keramicheskikh plitok* [Basics of ceramic tile production], Minsk: BGTU, Republic of Belarus [In Russian].

Melkonyan, R.G. (1986). Utilization of industrial waste in the production of new construction materials [Ispol'zovanie promyshlennykh otkhodov pri proizvodstve novykh stroitel'nykh materialov]. *TsNIITEIMS. Seriya 1 Ekonomiya i ratsional'noe ispol'zovanie syr'evykh, toplivno-energeticheskikh i drugikh material'nykh resursov = CNIITEIMS, Series 1 Economy and rational use of raw materials, fuel and energy and other material resources*, Issue 2, pp. 45-49 [In Russian].

Min'ko, N.I. and Kalatozi, N.I. (2018). The use of cullet in materials technology for construction purposes [Ispol'zovanie stekloboya v tekhnologii materialov stroitel'nogo naznacheniya]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova = Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*, No. 1, pp. 82-88. DOI:10.12737/article_5a5dbf09319de9.71561256 [In Russian].

Павлушкина, Т.К. и Кисиленко, Н.Г. (2011). Utilization of glass waste in the production of construction materials [Ispol'zovanie stekol'nogo boya v proizvodstve stroitel'nykh materialov]. *Steklo i keramika = Glass and Ceram*, vol. 84, No. 5, pp. 27-34.

Puzanov, S.I. (2007). Features of the use of cullet-based materials as aggregates of Portland cement concrete [Osobennosti ispol'zovaniya materialov na osnove stekloboya kak zapolniteley portlandtsementnogo betona]. *Stroitel'nye materialy = Building materials*, No. 7, pp. 12-15 [In Russian].

Sposob izgotovleniya stenovykh izdelij na osnove zhidkogo stekla i stekloboya metodom elektroprogreva [Method of manufacturing wall products based on liquid glass and cullet by electric heating], patent 2606486 / Logunin, A.Yu., Sokov, V.N. and Beglyarov A.E. Russian Federation, published 10.01.2017 [in Russian].

Sposob polucheniya mikrosharikov dlya svetovozvrashchayushchih pokrytij [Method for producing microbeads for retroreflective coatings], patent 2692712 / Kosyakov, A.V., Nikulin, S.V., Budov, V.V., Kuligin, S.V., Ishkov, A.D., Salnikov, E.P. and Rovova V.V. Russian Federation, published 6.06.2019 [in Russian].

Chuprova, L.V. (2016). Production wastes and glass consumption as raw materials for receipt of high-quality products [Otkhody proizvodstva i potrebleniya stekla kak syr'e dlya polucheniya kachestvennoy produktsii]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International Journal of Applied and Fundamental Research*, No. 12, pp. 640–644. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10898> [accessed: 15.09.2024] [In Russian].

Shishakina, O.A. and Palamarchuk, A.A. (2019). Application smooth in the production of ceramic materials [Primenenie plavney v proizvodstve keramicheskikh materialov]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International Journal of Applied and Fundamental Research*, No. 11, pp. 105–109. [In Russian].

Bumanis, G., Bajare, D., Locs, J. and Korjakins, A. (2013). Alkali-silica reactivity of foam glass granules in structure of lightweight concrete, *Construction and Building Materials*, vol. 47, pp. 274–281.

Darweesh, H.H.M. (2019). Recycling of glass waste in ceramics—part I: physical, mechanical and thermal properties, *SN Applied Sciences*, 1:1274, <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1304-8> [accessed: 15.09.2024].

Jani, Y. and Hogland, W. (2014) Waste glass in the production of cement and concrete – a review, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 2, Issue 3, pp. 1767–1775.

Meland, I. and Dahl, P.A. (2001). Recycling glass cullet as concrete aggregates, applicability and durability. *Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium*, Dundee UK, pp. 167–177.

Serpa, D., Silva, Santos, A., de Brito, J., Pontes, J. and Soares, D. (2013). ASR of mortars containing glass, *Construction and Building Materials*, 47, pp. 489–495, <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.058> [accessed: 15.09.2024].

Panzer, T.H., Borges, P.H.R., Sabariz, A.L.R. and Cota, F.P. (2013). Recycled glass as potential aggregate for concrete tiles: a statistical analysis of the physical and engineering properties, *International Journal of Environment and Waste Management*, 12, pp. 280–299, <http://dx.doi.org/10.1504/IJEW.2013.056196> [accessed: 15.09.2024].

Информация об авторах

Information about the authors

Гречаников Александр Викторович

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: grec_alex@rambler.ru

Ковчур Андрей Сергеевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: askovch@tut.by

Манак Павел Иванович

Директор, Унитарное коммунальное производственное предприятие «Витебское городское жилищно-коммунальное хозяйство», Республика Беларусь.

E-mail: manak8@yandex.ru

Тимонов Иван Афанасьевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: timonov1@mail.ru

Aliaksandr V. Hrachanikau

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department «Ecology and Chemical Technologies», Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: grec_alex@rambler.ru

Andrei S. Kauchur

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department «Mechanical Engineering Technology», Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: askovch@tut.by

Pavel I. Manak

Director, Unitary Communal Production Enterprise "Vitebsk City Housing and Communal Services", Republic of Belarus.

E-mail: manak8@yandex.ru

Ivan A. Tsimanov

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department «Ecology and Chemical Technologies», Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: timonov1@mail.ru

Цифровой потенциал региона: теоретические аспекты и оценка в Республике Беларусь

О. М. Шерстнева

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Аннотация. Цифровизация экономики положительно влияет на развитие общества, государства и бизнеса. Однако методический инструментарий оценки цифрового потенциала регионов Республики Беларусь недостаточно разработан. Целью данного исследования является разработка методики и оценка уровня цифрового потенциала регионов Республики Беларусь. В статье проведен анализ существующих в мировой практике подходов к оценке развития цифровых технологий и готовности стран, отраслей и предприятий к их внедрению: индекс развития информационно-коммуникационных технологий (IDI); The Network Readiness Index, публикуемый Всемирным экономическим форумом совместно с международной бизнес-школой (INSEAD); глобальный индекс подключения; международный индекс цифровой экономики и общества (DESI); международный рейтинг Всемирного банка GovTech Maturity Index (GTMI). Выделены основные характеристики представленных индексов и определены их основные недостатки. В результате проведенного исследования выделено 27 параметров оценки цифровизации регионов Республики Беларусь, которые были сгруппированы в пять блоков: инновационное развитие регионов, цифровое развитие организаций в регионах, доступ населения к цифровым технологиям, цифровизация социальных институтов, цифровизация государственных услуг. Основываясь на выделенных параметрах и сгруппированных блоках, разработана авторская методика оценки уровня цифрового потенциала регионов Республики Беларусь. Новизна разработанной методики оценки уровня цифрового потенциала регионов на основе комплексного анализа экономических, социальных и институциональных параметров, состоит в том, что методика учитывает специфику белорусской экономики (особенности статистического учета) и процесса цифровизации в стране, а также международный опыт оценки цифровой трансформации.

Ключевые слова: цифровизация экономики, инновационный потенциал, цифровой потенциал региона, цифровые технологии, цифровизация государственных услуг.

Информация о статье: поступила 30 августа 2024 года.

Digital potential of the region: theoretical aspects and assessment in the Republic of Belarus

Olga M. Sherstneva

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

Abstract. Digitalization of the economy has a positive effect on the development of society, government, and business. However, the methodological tools for assessing the digital potential of the regions of the Republic of Belarus are not sufficiently developed. The purpose of this study is to develop a methodology and assess the level of digital potential of the regions of the Republic of Belarus. The article analyzes existing global approaches to assessing the development of digital technologies and the readiness of countries, industries and enterprises to implement them: the Information and Communication Technology Development Index (IDI); the Network Readiness Index, published by the World Economic Forum jointly with the international business school (INSEAD); Global Connectivity Index; International Digital Economy and Society Index (DESI); and the International World Bank GovTech Maturity Index (GTMI) rating. The main characteristics of the presented indices are highlighted and their main shortcomings are determined. As a result of the study, 27 parameters for assessing the digitalization of the regions of the Republic of Belarus were identified, which were grouped into five blocks: innovative development of regions, digital development of organizations in the regions, population access to digital technologies, digitalization of social institutions, digitalization of public services. Based on the selected parameters and grouped blocks, an original methodology for assessing the level of digital potential of the regions of the Republic of Belarus

was developed. The novelty of the developed methodology for assessing the level of digital potential of regions through a comprehensive analysis of economic, social and institutional parameters lies in the fact that the methodology takes into account the specifics of the Belarusian economy (features of statistical accounting) and the digitalization process in the country, as well as international experience in assessing digital transformation.

Keywords: digitalization of the economy, innovation potential, digital potential of the region, digital technologies, digitalization of public services.

Article info: received August 30, 2024.

Введение

В настоящее время мировое сообщество постепенно вступает в эпоху нового типа экономики, которая с позиций различных теоретических подходов определяется как «постиндустриальная экономика» или экономика знаний [Tracevskaya L.F. et al., 2021]. Технологические, организационные и управленческие изменения, связанные с распространением цифровой экономики, которые происходят сегодня, охватывают все сферы деятельности – экономику, государственное управление, культуру, здравоохранение, образование, преобразуя повседневную жизнь людей и создавая новые способы коммуникаций. Фактический и потенциальный эффект развития цифровой экономики вызывают большой исследовательский интерес на глобальном, национальном и региональном уровнях [Carayannis E.G., Del Giudice M. and Soto-Acosta P., 2018].

В то же время современные экономические отношения, происходящие под влиянием цифровизации, характеризуются следующим: основным ресурсом является информация, которая по своей природе неисчерпаема; торговые площадки в Интернете не ограничены; физические ресурсы можно повторно использовать для предоставления различных услуг; масштаб операций ограничивается только масштабом Интернета; клиент является главным приоритетом; для успешной конкуренции компании не обязательно должны быть большими; происходит постоянная разработка и внедрение новых технологий и платформ предоставления услуг [Jabbour C.J. et al., 2019].

Вышеуказанные характеристики экономических отношений, конкуренция между организациями, регионами и странами, информационная фаза научно-технического прогресса создали новую реальность. Многочисленные исследования и экспертные оценки с уверенностью предполагают, что цифровизация экономики и внедрение автоматизированных процессов положительно влияют на национальную экономику.

К возможным благотворным проявлениям и последствиям цифровизации для белорусского общества, государства и бизнеса можно отнести: экономический и социальный эффект от цифровых технологий для бизнеса и общества; общее улучшение качества жизни населения за счет лучшего удовлетворения существующих и новых потребностей людей; рост производительности общественного труда за счет увеличения отдельных производств и предприятий; создание новых бизнес-моделей и новых видов бизнеса, позволяющих повысить прибыльность и конкурентоспособность деятельности.

Для отдельных организаций общие преимущества цифровизации могут проявляться в устранении посредников во всей цепочке действий от производства продукта или услуги до маркетинга и получения обратной связи; в оптимизации затрат, в ускорении всех бизнес-процессов за счет автоматизации производственных и маркетинговых процессов, сокращения времени коммуникации; в сокращении времени реакции на изменения рынка, сокращении сроков разработки продуктов и услуг и вывода их на рынок; в повышении гибкости при создании новых товаров и их высокой приспособленности к новым ожиданиям или потребностям потребителя.

В Республике Беларусь разработана Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси»¹ на 2021–2025 гг., одной из ключевых задач которой является развитие инструментов цифровой экономики в различных отраслях национальной экономики, предусматривающих применение передовых производственных технологий в производстве и процессах ведения внешнеэкономической деятельности, формирование необходимых условий для сохранения и повышения конкурентоспособности белорусских предприятий на мировом рынке (Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 гг., 2021).

¹ Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 гг. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 02.02.2021. – № 66.

Цифровой потенциал региона представляет собой способности цифровой экономики, которые формируются путем применения цифровых технологий с целью формирования условий для повышения конкурентоспособности белорусских организаций на мировом рынке.

В настоящее время вопросы оценки цифровизации рассматриваются в работах таких зарубежных исследователей, как Castelnovo, W., Reddy S. and Reinartz W., Schallmo D., Williams C. A. and Boardman L., а так же в российских и белорусских – Г. Г. Головенчик, И. Н. Калиновская, Е. В. Попов, О. С. Сухарев, К. А. Семьячков, и других [Castelnovo W., 2018; Reddy S. and Reinartz W., 2017; Schallmo D., Williams C.A. & Boardman L., 2017; Головенчик Г.Г., 2022; Калиновская И.Н., 2023; Попов Е.В., Сухарев О.С., 2018].

Однако методические вопросы оценки цифрового потенциала регионов Республики Беларусь недостаточно разработаны.

Целью данного исследования является разработка методики и оценка уровня цифрового потенциала регионов Республики Беларусь.

Методы исследований

В качестве теоретической основы исследования применялись научные труды отечественных и зарубежных ученых в области оценки цифровизации, а также существующие в мировой практике подходы к оценке развития цифровых технологий и готовности стран, отраслей и предприятий к их внедрению: индекс развития информационно-коммуникационных технологий (IDI); The Network Readiness Index, публикуемый Всемирным экономическим форумом совместно с международной бизнес-школой (INSEAD); глобальный индекс подключения; международный индекс цифровой экономики и общества (DESI); международный рейтинг Всемирного банка GovTech Maturity Index (GTMI). Методическую базу исследования определили общенаучные методы познания: синтеза, группировки, сравнения, дедукции и обобщения, ранговой оценки; принципы и методы системного подхода.

Результаты исследований

Существует несколько подходов, выработанных мировым экономическим сообществом, к оценке развития цифровых технологий и готовности стран, отраслей и предприятий к их внедрению. Одним из них является Индекс развития ИКТ (IDI) – это комплексный индекс, который объединяет 11 показателей в общую оценку. Он

использовался для мониторинга и сравнения изменений в ИКТ между странами с 2009 по 2017 год. В 2023 году Индекс развития ИКТ, основанный на новой методологии, разработанной в ходе инклюзивного и итеративного процесса, охватывает 169 стран. Процесс разработки новой методологии был инклюзивным, итеративным и прозрачным с участием государств-членов и членов экспертных групп по показателям ИКТ в домохозяйствах и по показателям электросвязи/ИКТ².

В настоящее время появился новый ряд различных индексов для оценки уровня цифровизации стран мира, среди них можно выделить следующие:

– The Network Readiness Index (NRI), публикуемый Всемирным экономическим форумом совместно с Международной бизнес-школой INSEAD. Поскольку готовность сети – это многомерное понятие, индекс готовности сети представляет собой составной индекс, состоящий из трех уровней. Первичный уровень включает четыре компонента, которые составляют фундаментальные аспекты готовности сети (технологии, население, правительство, влияние). Каждый из основных компонентов делится на дополнительные подкомпоненты, которые составляют второй уровень. Третий уровень состоит из отдельных показателей, распределенных по различным подкомпонентам и компонентам первичного и вторичного уровней. Все индикаторы, используемые в рамках NRI, относятся к одному из основных компонентов и подкомпонентам³.

– Глобальный индекс подключения (GCI), ежегодно ранжирует 79 стран по S-образной кривой, основываясь на их последних баллах GCI. Согласно инвестициям в ИКТ, уровню развития ИКТ и показателям цифровой экономики, S-образная кривая делит страны на три кластера: «начинающие», «принимающие» и «передовые». S-кривая GCI показывает путь стран к цифровой экономике через взаимосвязь между показателями GCI и ВВП. Страны должны обеспечить адекватные инвестиции и развитие основных технологий, которые учитываются в рейтинге GCI (широкополосной связи, облачных технологий и искусственного интеллекта) и измеряются 40 показателями GCI. С 2019 года была расширена мето-

² International Telecommunication Union [ITU] (2017), available at: <https://www.itu.int/net4/ITU-D/idi/2017/index.html> [accessed: 19 May 2024].

³ The Network Readiness Index 2022, available at: <https://networkreadinessindex.org/countries/> [accessed: 10 May 2023].

дология исследования GCI, чтобы помочь государствам понять растущее влияние искусственного интеллекта на мировую экономику⁴.

– Digital Economy and Society Index – международный индекс цифровой экономики и общества (DESI) представляет собой сводный индекс, который обобщает соответствующие показатели по эффективности цифровых технологий в Европе и отслеживает эволюцию государств-членов ЕС в области цифровой конкурентоспособности⁵. Эта методология включает 32 критерия оценки в 5 ключевых областях DESI: 1) человеческий капитал включает в себя навыки пользователя Интернета и продвинутое развитие; 2) возможности подключения включают анализ использования фиксированной широкополосной связи; 3) связь – мобильный широкополосный доступ и цены на широкополосный доступ; 4) интеграция цифровых технологий включает в себя анализ следующих параметров цифровой интенсивности: цифровые технологии для бизнеса; электронная коммерция; 5) цифровые госуслуги (Электронное правительство). Данный подход используется Еврокомиссией с 2014 года при составлении индекса DESI, который обобщает показатели цифровой эффективности Европы и отслеживает прогресс стран ЕС. По своей структуре DESI не является обобщенным показателем. Он постоянно трансформируется за счет включения новых показателей. Это указывает как на развитие данного инструмента оценки, так и на существование определенной проблемы достижения сопоставимых значений с течением времени. Данный индекс также используется DESI для изучения влияния ИКТ на экономическое развитие.

– Индекс развития электронного правительства (EGDI) отражает состояние развития электронного правительства в государствах-членах ООН и публикуется Департаментом ООН по экономическим и социальным вопросам⁶. Наряду с оценкой моделей развития веб-сайтов в стране, индекс развития электронного прави-

тельства включает характеристики доступа, такие как инфраструктура и уровень образования, чтобы отразить, как страна использует информационные технологии для содействия доступу и вовлечению населения. Он включает три субиндекса на основе 13 показателей, характеризующих состояние инфраструктуры ИКТ (Индекс телекоммуникационной инфраструктуры – TII), человеческого капитала (Индекс человеческого капитала – HCI) и онлайн-услуг (Индекс онлайн-услуг – OSI). В то же время, как и вышеперечисленные показатели, предназначенные для оценки знаний и навыков, HCI не учитывает уникальные аспекты навыков ИКТ и опирается на показатели, характеризующие образование в целом: грамотность взрослого населения, валовой коэффициент охвата, ожидаемое количество лет обучения и среднее количество лет обучения.

– Индекс цифровой эволюции (DEI) – это индекс, основанный на данных целостной оценки прогресса цифровой экономики в 90 странах, объединяющий 160 различных показателей в четыре ключевых фактора: условия предложения, условия спроса, институциональная среда, а также инновации и изменения⁷. Чтобы создать комплексную картину цифровой экономики, DEI отслеживает в общей сложности 160 показателей для измерения текущего состояния и темпов цифровизации в экономике. Он структурирован на четырех уровнях: индикаторы, кластеры, компоненты и драйверы. Индикаторы – это стандартизированные точки данных, которые отвечают на конкретный вопрос. Индикаторы объединяются в кластеры, которые освещают 35 аспектов цифровизации, которые затем объединяются в 13 компонентов более высокого порядка, которые в конечном итоге входят в состав четырех движущих сил (драйверов). Веса индикаторов, кластеров и компонентов определяются в соответствии с тремя факторами: качеством данных, центральностью данных и надежностью методов сбора данных.

– GovTech Maturity Index (GTMI) – международный рейтинг Всемирного банка, включающий 198 стран с разным уровнем развития информационных технологий в государственном секторе⁸. Индекс зрелости GovTech

⁴ Huawei [2020]. Global Connectivity Index, available at: <https://www.huawei.com/minisite/gci/en/> [accessed: 02 May 2024].

⁵ European Commission [2022]. The Digital Economy and Society Index (DESI). available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi> [accessed: 14 May 2023].

⁶ E-Government Development Index (EGDI) [2023], available at: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/About/Overview/-E-Government-Development-Index> [accessed: 19 September 2023].

⁷ Digital Evolution Index [2023]. available at: <https://digitalintelligence.fletcher.tufts.edu/trajectory> [accessed: 30 September 2023].

⁸ GovTech Maturity Index [2022], available at: <https://www.worldbank.org/en/programs/govtech/gtmi> [accessed: 06 September 2023].

был разработан в рамках инициативы GovTech Initiative с целью определения степени зрелости GovTech в четырех основных областях – поддержка основных государственных систем, повышение качества предоставления услуг, вовлечение граждан и содействие внедрению GovTech – и оказания помощи специалистам в разработке новых проектов цифровой трансформации. Созданный для 198 стран, GTMI является наиболее полным показателем цифровой трансформации в государственном секторе. Однако GTMI не предназначен для составления рейтинга или оценки готовности страны к GovTech или ее эффективности; скорее, он призван дополнить существующие инструменты и диагностику, обеспечивая базовый уровень и эталон зрелости GovTech, выявляя области для улучшения.

Основные характеристики представленных индексов отражены в таблице 1.

Данные методики помогают отслеживать прогресс стран в их цифровой трансформации в различных областях или в целом с точки зрения их цифровой конкурентоспособности. Но общий недостаток представленных индексов заключается в сложности проведения расче-

тов, большом количестве показателей и отсутствие ряда показателей в Республике Беларусь.

Различные методы оценки цифровизации регионов и стран позволили обобщить и сделать вывод о том, что ее можно рассматривать как тенденцию эффективного развития регионов только в том случае, если: цифровая трансформация охватит все – бизнес, науку, социальную сферу и обычную жизнь граждан, будет сопровождаться эффективным использованием ее результатов, ее результатами будут пользоваться как специалисты, так и рядовые граждане, которые будут иметь доступ к технологиям и навыки работы с ним.

Анализ полученных результатов

В рамках нашего исследования вышеописанные подходы к оценке развития цифровых технологий были преобразованы и адаптированы с учетом перечня национальных статистических показателей развития цифровой экономики⁹ и специфики статистического учета в Республике Беларусь.

⁹ Перечень национальных статистических показателей развития цифровой экономики в Республике Беларусь / приказ Национального статистического комитета Республики Беларусь от 31.08.2023 № 132 / Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/metodologiya/metodiki-po-formirovaniyu-i-raschetu-statistichesk/#ikt>.

Таблица 1 – Основные характеристики индексов

Table 1 – Main characteristics of indices

Индекс	Ключевые факторы	Количество показателей	Количество стран	Значимость факторов
IDI	доступ к ИКТ, использование ИКТ, ИКТ-навыки	11	169 стран	да
NRI	технологии, население, правительство, влияние	53	139 стран	нет
GCI	инвестиции в ИКТ, уровень развития ИКТ и показатели цифровой экономики	40	79 стран	нет
DESI	человеческий капитал; возможности подключения; связь; интеграция цифровых технологий; цифровые госуслуги (электронное правительство)	32	28 стран	нет
DEI	условия предложения, условия спроса, институциональная среда, инновации и изменения	160	90 стран	да
EGDI	уровень развития инфраструктуры ИКТ; человеческий капитал; онлайн-услуги	13	193 страны	нет
GTMI	поддержка основных государственных систем, повышение качества предоставления услуг, вовлечение граждан и содействие внедрению govtech; оказания помощи специалистам в разработке новых проектов цифровой трансформации	48	198 стран	Нет

Источник: составлено автором.

В результате было выделено 27 параметров оценки цифровизации регионов Республики Беларусь, которые сгруппированы в пять блоков: инновационный потенциал, цифровой потенциал организаций, доступ населе-

ния к цифровым технологиям, цифровизация социальных институтов, цифровизация государственных услуг (рисунок 1).

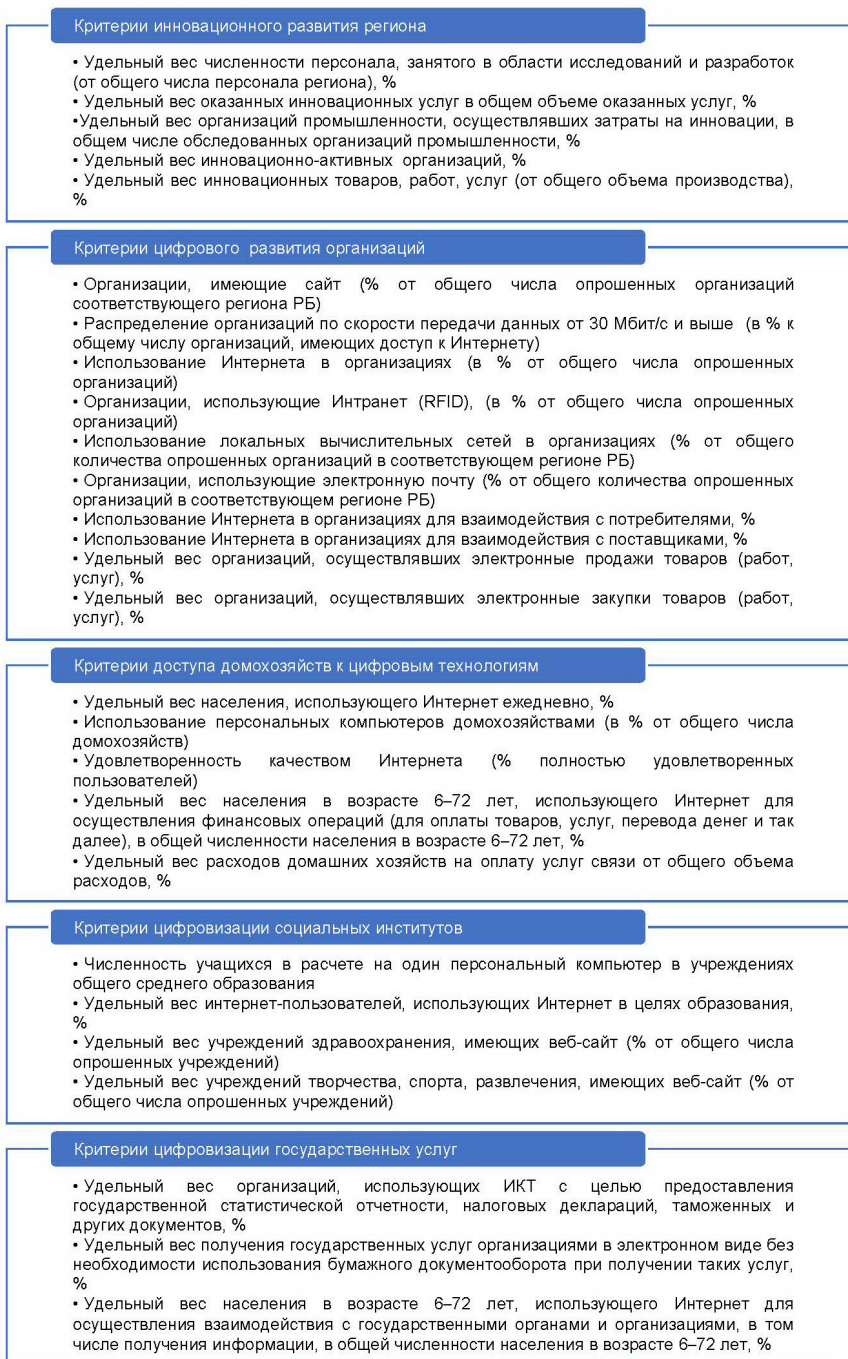


Рисунок 1 – Основные критерии оценки цифровизации регионов Республики Беларусь
 Figure 1 – Main criteria for assessing the digitalization of the regions of the Republic of Belarus

Методика оценки уровня цифрового потенциала регионов представлена на рисунке 2.

Апробация данной методики на основе статистических данных о развитии регионов в Республике

Беларусь в 2022 году позволила оценить цифровой потенциал областей и г. Минска (таблица 2).

Таким образом, г. Минск является лидером по большинству параметров, что указывает на его высокую

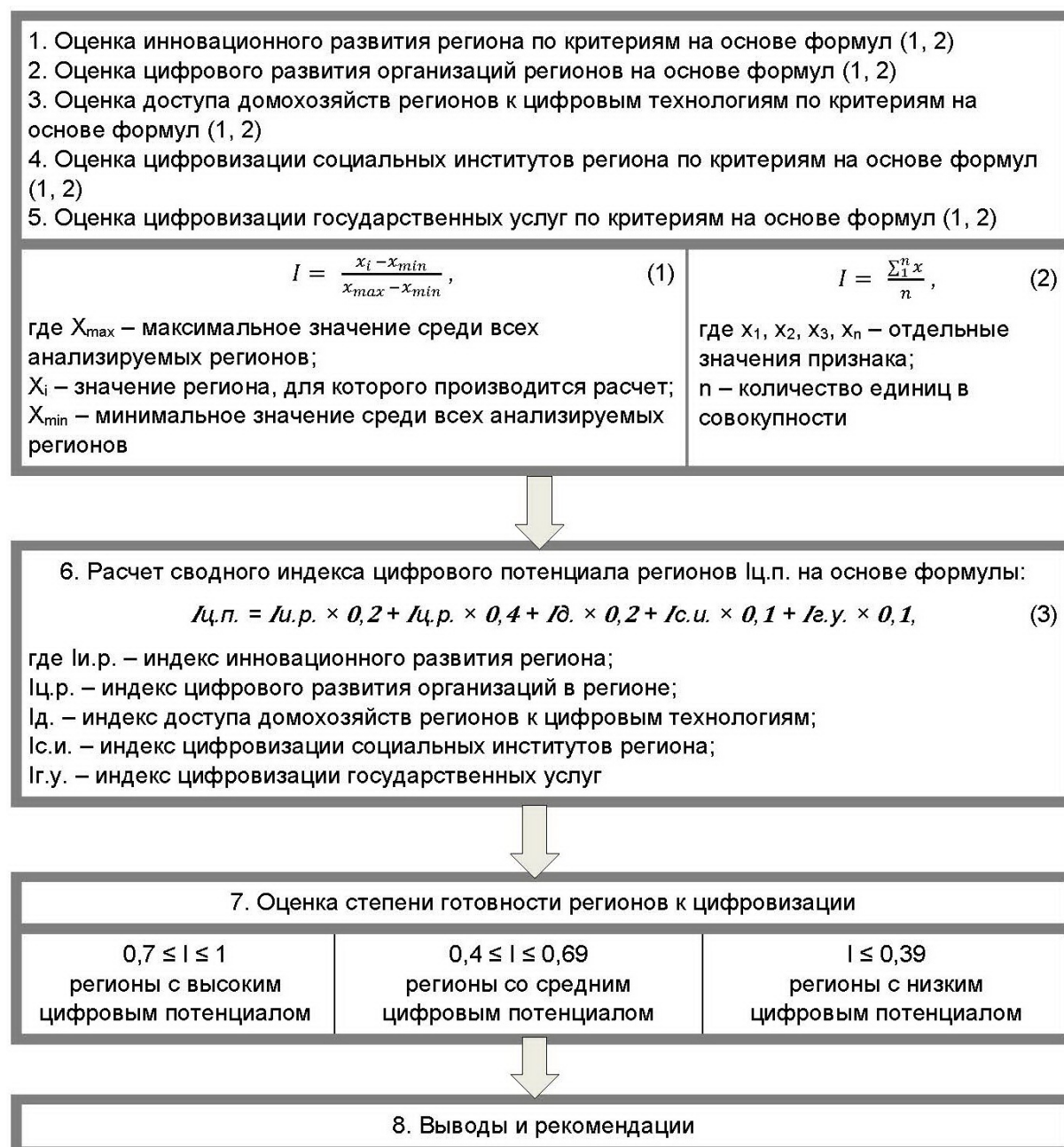


Рисунок 2 – Методика оценки цифрового потенциала регионов
 Figure 2 – Methodology for assessing the digital potential of regions

степень инновационного и цифрового развития. Брестская область также демонстрирует высокие показатели по многим параметрам, особенно в области цифрового развития организаций и социальных институтов. Гомельская и Могилевская области имеют наименьшие значения по большинству параметров, что указывает на необходимость усиления мер по развитию инновационного и цифрового потенциала в этих регионах. Общее значения по стране показывает, что в целом Республика Беларусь имеет средний уровень цифрового потенциала, но существуют значительные региональные различия.

Выводы

Использование предложенной системы показателей, отражающих цифровое развитие регионов, даст возможность использовать полученные данные в режиме реального времени для принятия правильных решений в краткосрочном и долгосрочном планировании.

Новизна разработанной методики оценки уровня цифрового потенциала регионов на основе комплексного анализа экономических, социальных и институциональных факторов, состоит в том, что методика учитывает специфику белорусской экономики и процесса цифровизации в стране, а также международный опыт оценки цифровой трансформации.

Цифровые технологии, в том числе косвенно, влияют на общий уровень социально-экономического развития страны, что делает их актуальным инструментом развития современного общества. Формирование планов развития цифровых технологий и их развитие невозможно без объективной оценки текущего состояния в регионах Республики Беларусь. Поэтому предложенный методический подход к оценке уровня цифрового потенциала регионов Республики Беларусь является актуальным.

Таблица 2 – Оценка цифрового потенциала регионов Республики Беларусь, 2022 г.

Table 2 – Assessment of the digital potential of the regions of the Republic of Belarus

Параметры оценки	Регионы							
	Брестская область	Витебская область	Гомельская область	Гродненская область	г. Минск	Минская область	Могилевская область	Республика Беларусь
Индекс инновационного развития	0,594	0,5	0,214	0,211	0,798	0,166	0,157	0,35
Индекс цифрового развития организаций в регионе	0,607	0,558	0,409	0,573	0,545	0,552	0,487	0,541
Индекс доступа домохозяйств к цифровым технологиям	0,256	0,395	0,376	0,684	0,685	0,499	0,513	0,493
Индекс цифровизации социальных институтов	0,56	0,409	0,521	0,357	0,583	0,423	0,542	0,501
Индекс цифровизации государственных услуг	0,493	0,164	0,512	0,721	0,512	0,426	0,417	0,422
Сводный индекс цифрового потенциала регионов	0,54	0,465	0,377	0,492	0,630	0,42	0,407	0,47

Источник: ^{10, 11}

¹⁰ Информационное общество в Республике Беларусь. Статистический сборник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/d44/ddoksj66lofh3z4av92poxhilg3scvwwg.pdf>. – Дата доступа: 16.05.2024.

¹¹ Регионы Республики Беларусь. Статистический сборник. Том 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/bf1/381kv0fptaty50gf6n56b7b47qr4kd4r.pdf>. – Дата доступа: 10.05.2024.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Головенчик, Г.Г. (2022). Цифровая экономика в Республике Беларусь: современные тенденции, вызовы и перспективы. *Вестник Российского университета дружбы народов*. Серия: Экономика. № 3, Т 30, С. 414–428.
- Калиновская, И.Н. (2023). Анализ уровня цифровизации экономики Республики Беларусь и ее регионов. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 45, С. 82–94. DOI:10.24412/2079-7958-2023-2-82-94.
- Кондратьева, М. и Комахина, А. (2022). Цифровизация: исследование основных терминов. *Экономика и управление: научно-практический журнал*, № 3(165), С. 134–139.
- Попов, Е.В. и Сухарев, О.С. (2018). Движение к цифровой экономике: влияние технологических факторов. *Экономика. Налоги. Право*, № 11, С. 26–35.
- Стома, Н. (2022). Оценка развития цифровизации Республики Беларусь: анализ позиций в мировых рейтингах. *Банковский вестник*, № 12, С. 52–61.
- Шерстнева, О.М. (2023). Сравнительный анализ региональной готовности Республики Беларусь к внедрению стратегии «умная специализация». *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки*. № 1, С. 94–99. DOI 10.52928/2070-1632-2023-63-1-94-99.
- Bouwman, H., Nikou, S., Molina-Castillo, F.J. and de Reuver, M. (2018). The impact of digitalization on business models. *Digital Policy, Regulation and Governance*, Vol. 20, No. 2, pp. 105–124.
- Carayannis, E.G., Del Giudice, M. and Soto-Acosta, P. (2018). Disruptive technological change within knowledge-driven economies: The future of the Internet of Things (IoT). *Technological Forecasting and Social Change*, № 136, pp. 265–267.
- Castelnovo, W. (2018). The digital government imperative: a context-aware perspective. *Public Management Review*, № 20 (5), pp. 709–725. DOI 10.1080/14719037.2017.1305693.
- Ivanova, V., Poltarykhin, A., Szromnik, A. and Aniehkina, O. (2019). Economic policy for country's digitalization: a case study. *Entrepreneurship and sustainability issues*, Vol. 7 (1), pp. 649–661. DOI: 10.9770/jesi.2019.7.1(46).
- Jabbour, C.J.C., Lopes de Sousa Jabbour, A.B., Sarkis, J. and Filho, M.G. (2019). Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: An integrative framework and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 144: pp. 546–552.
- Tracevskaya, L.F., Sherstneva, O.M., Nikolaeva, Yu.N. and Rudnitsky, D.B. (2021). Development trends of innovative activity of light industry enterprises of the Republic of Belarus. *AIP Conference Proceedings : International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI 2021)*, Vol. 2430, p. 040006. DOI 10.1063/5.0077021.
- Li, L., Su, F., Zhang, W. and Mao, J.Y. (2018). Digital transformation by SME entrepreneurs: A capability perspective. *Information Systems Journal*, [28(6)], pp. 1129–1157.
- Reddy, Srinivas, K. and Reinartz, W. (2017). Digital Transformation and Value Creation: Sea Change Ahead. *NIM Marketing Intelligence Review*, vol. 9, no. 1, pp. 10–17.
- Schallmo, D., Williams, C. and Boardman, L. (2017). Digital transformation of business models – Best practice, enablers and roadmap. *International Journal of Innovation Management*, [21(8)], pp. 1–17.

REFERENCES

- Golovenchik, G.G. (2022). Digital economy in the Republic of Belarus: current trends, challenges and prospects [Cifrovaya ekonomika v Respublike Belarus: sovremennyye tendencii, vyzovy i perspektivy], *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov*. Seriya: Ekonomika = *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Economics*, 2022, № 3, Vol. 30, pp. 414–428.
- Kalinovskaya, I.N. (2023). Analysis of the level of digitalization of the economy of the Republic of Belarus and its regions [Analiz urovnya cifrovizacii ekonomiki Respubliki Belarus' i ee regionov]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo*

tehnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University, № 45, pp. 82–94. DOI:10.24412/2079-7958-2023-2-82-94 [In Russian].

Kondratieva, M. and Komakhina, A. (2022), Digitalization: a study of basic terms [Cifrovizaciya: issledovanie osnovnyh terminov], *Ekonomika i upravlenie: nauchno-prakticheskij zhurnal = Economics and Management: Scientific and Practical Journal*, № 3(165), pp. 134–139.

Popov, E.V. and Suharev, O.S. (2018). Moving towards a digital economy: the impact of technological factors [Dvizhenie k cifrovoj ekonomike: vliyanie tekhnologicheskikh faktorov]. *Economy. Taxes. Law = Ekonomika. Nalogi. Pravo*, № 11, pp. 26–35 [In Russian].

Stoma, N. (2022). Assessing the development of digitalization of the Republic of Belarus: analysis of positions in world rankings. [Ocenka razvitiya cifrovizacii Respubliki Belarus': analiz pozicij v mirovyh rejtingah]. *Bankovskij vestnik = Banking Bulletin*, № 12, pp. 52–61 [In Russian].

Sherstneva, O.M. (2023). Comparative analysis of regional readiness of the Republic of Belarus to implement the strategy of "smart specialisation" [Srvnitel'nyj analiz regional'noj gotovnosti Respubliki Belarus' k vnedreniyu strategii «umnaya specializaciya»]. *Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya D. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki = Bulletin of Polotsk State University. Series D. Economic and Legal Sciences*, № 1, pp. 94–99. DOI 10.52928/2070-1632-2023-63-1-94-99 [In Russian].

Bouwman, H., Nikou, S., Molina-Castillo, F.J. and de Reuver, M. (2018). The impact of digitalization on business models. *Digital Policy, Regulation and Governance*, Vol. 20, No. 2, pp. 105–124.

Carayannis, E.G., Del Giudice, M. and Soto-Acosta, P. (2018). Disruptive technological change within knowledge-driven economies: The future of the Internet of Things (IoT). *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 136, pp. 265–267.

Castelnuovo, W. (2018). The digital government imperative: a context-aware perspective. *Public Management Review*, № 20 (5), pp. 709–725. DOI 10.1080/14719037.2017.1305693.

Ivanova, V., Poltarykhin, A., Szromnik, A. and Aniehkina, O. (2019). Economic policy for country's digitalization: a case study. *Entrepreneurship and sustainability issues*, Vol. 7 (1), pp. 649–661. DOI: 10.9770/jesi.2019.71(46).

Jabbour, C.J.C., Lopes de Sousa Jabbour, A.B., Sarkis, J. and Filho, M.G. (2019). Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: An integrative framework and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 144: pp. 546–552.

Tracevskaya, L.F., Sherstneva, O.M., Nikolaeva, Yu.N. and Rudnitsky, D.B. (2021). Development trends of innovative activity of light industry enterprises of the Republic of Belarus. *AIP Conference Proceedings : International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI 2021)*, Vol. 2430, p. 040006. DOI 10.1063/5.0077021.

Li L., Su F., Zhang W. and Mao, J.Y. (2018). Digital transformation by SME entrepreneurs: A capability perspective. *Information Systems Journal*, [28(6)], pp. 1129–1157.

Reddy, Srinivas, K. and Reinartz, W. (2017). Digital Transformation and Value Creation: Sea Change Ahead. *NIM Marketing Intelligence Review*, vol. 9, no. 1, pp. 10–17.

Schallmo, D., Williams, C. and Boardman, L. (2017). Digital transformation of business models – Best practice, enablers and roadmap. *International Journal of Innovation Management*, [21(8)], pp. 1–17.

Информация об авторах

Information about the authors

Шерстнева Ольга Михайловна

Старший преподаватель кафедры «Маркетинг и финансы», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: olga_sherstneva@mail.ru

Olga M. Sherstneva

Senior Lecturer of the Department "Marketing and Finance", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: olga_sherstneva@mail.ru

Аудит инноваций: теоретические и практические аспекты**Т. В. Касаева**¹,**Т. П. Сацук**²,**Д. Т. Солодкий**¹,**Т. П. Пакшина**¹¹Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь²Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Российская Федерация

Аннотация. Современный этап развития экономики направлен на активное внедрение инноваций во все сферы жизнедеятельности общества, в том числе и в сферу финансового контроля и аудита, что привело к появлению двух созвучных понятий: аудит инноваций и инновационный аудит, которые многими исследователями отождествляются. Аудит инновационной деятельности организации, как инструмент контроля за деятельностью по созданию и внедрению инноваций, призван оценить соответствие принимаемых управленческих решений принятой стратегии инновационного развития и, в конечном итоге, способствовать повышению конкурентоспособности бизнеса.

Целью данного исследования является определение предмета аудита инноваций на основе систематизации теоретических исследований направлений аудита инновационной деятельности организации и изучения мнения представителей бизнес-сообщества для выявления факторов, определяющих предмет аудита инноваций в сфере реального бизнеса.

Достижение цели, поставленной в исследовании, проводилось с помощью методов сравнительно-сопоставительного анализа, количественно-статистического анализа, дедукции и индукции. Материалами исследования послужили данные экспертного опроса руководителей и специалистов экономических служб организаций Витебского региона.

В результате теоретического исследования сущности инновационного аудита и аудита инноваций предложено разграничение указанных понятий, так как инновационный аудит связан с инновациями в технологиях сбора, обработки и анализа информации о разных аспектах деятельности бизнеса, в том числе и инновационной, в то время как аудит инноваций имеет свой предмет и конкретизируется целым рядом специальных контрольных и консультационных процедур. Проведенное исследование позволило определить многогранность предмета аудита инноваций, включающего оценку инновационного потенциала организации, уровня новизны разработок, возможности их коммерциализации, правильности ведения учета затрат на инновации, эффективности инновационной деятельности путем сопоставления затрат на инновации и получаемых организацией выгод; выявление и устранение нарушений в использовании целевого финансирования; предотвращение негативных решений со стороны контролирующих органов, в том числе по использованию налоговых льгот; рекомендации по оптимизации инновационной политики организации. В качестве факторов, влияющих на выбранные направления аудиторских услуг, по результатам проведенного исследования определены размер бизнеса, форма собственности, источники финансирования инноваций.

Ключевые слова: инновации, инновационная деятельность, аудит инновационной деятельности, инновационный аудит, предмет аудита инноваций, контрольные и консультационные процедуры аудита инноваций.

Информация о статье: поступила 15 августа 2024 года.

Innovation audit: theoretical and practical aspects**Tamara V. Kasayeva**¹,**Tatiana P. Satsuk**²,**Dmitry T. Solodky**¹,**Tatyana P. Pakshina**¹¹Vitebsk State Technological University,

Republic of Belarus

²St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I,

Russian Federation

Abstract. The current stage of economic development is aimed at actively introducing innovations into all spheres of society, including financial control and auditing. This has led to the emergence of two closely related concepts: audit of innovation

activity and innovation audit, which many researchers consider synonymous. The audit of an organization's innovation activity, as a tool for monitoring the creation and implementation of innovations, is designed to assess the compliance of management decisions with the adopted strategy of innovative development and, ultimately, to enhance business competitiveness.

The purpose of this study is to determine the subject of innovation audit based on the systematization of theoretical studies of the areas of audit of innovative activities within organizations and the analysis of opinions from business community representatives to identify the factors determining the subject of innovation audit in real business contexts.

The study's objectives were achieved using methods of comparative analysis, quantitative and statistical analysis, deduction and induction. The research materials included data from an expert survey of managers and specialists in economic services of organizations in the Vitebsk region.

As a result of a theoretical examination of the essence of audit innovation activities and innovation audit, a differentiation of these concepts is proposed. Innovation audit is associated with innovations in technologies for collecting, processing and analyzing information about various aspects of business activity, including innovation. In contrast, audit of innovation activities has its own distinct subject and is specified by a number of special control and consulting procedures. The research highlights the versatility of the subject of innovation audit, encompassing an assessment of the organization's innovative potential, the level of novelty of developments, the commercialization possibilities, accurate accounting for innovation costs, the effectiveness of innovation activities by comparing the costs of innovation and organization's benefits; identification and elimination of violations in the use of targeted financing; prevention of adverse regulatory decisions, including the use of tax benefits; recommendations for optimizing the organization's innovation policy. The study concluded that business' size, ownership form, and sources of financing for innovations were determined as factors influencing the selected areas of audit services.

Keywords: innovation, innovation activity, audit of innovation activity, innovation audit, subject of innovation audit, control and consulting procedures of innovation audit.

Article info: received August 15, 2024.

Введение

Обеспечение высокого уровня эффективности управления экономикой в целом и ее отдельными институциональными единицами требует создания соответствующей среды для роста вклада инноваций в повышение конкурентоспособности бизнеса. Это вызывает активную дискуссию ученых и практиков по разным направлениям развития инновационной деятельности экономических субъектов: особенностям построения бизнес-моделей инновационных фирм [Смирнов С.А. [и др.], 2021], отдельным аспектам инвестирования национального и иностранного капитала в инновации реального бизнеса [Cherkasova V.A. and Baron A.A., 2021], оценке инновационной активности компаний [Петров С.П., 2021] и другим проблемам. Учитывая высокие риски, которые несут компании при осуществлении инновационной деятельности, все чаще обсуждаются проблемы управления инновационным развитием и рисками, сопряженными с этим развитием [Чередниченко Л.Г. [и др.], 2020; Лукашов Н.В., 2023]. Важную роль при этом играет аудит инновационной деятельности, ко-

торый на общегосударственном уровне должен определить направления и масштабы финансовой поддержки инновационных проектов, в том числе по продолжению или прекращению финансирования уже реализуемых проектов, а на уровне субъекта хозяйствования – выявить существующие проблемы и угрозы и разработать рекомендации по формированию оптимальной инновационной стратегии. Значение роли аудита инновационной деятельности подчеркивает и тот факт, что в рамках XI Форума регионов Беларуси и России 27 июня 2024 года состоялась панельная сессия Комитета госконтроля Беларуси и Счетной палаты России, главная тема которой звучала следующим образом: «Инновации, как важнейший фактор экономической безопасности: общие цели и приоритеты государственного финансового контроля [аудита]».

Вопросы аудита инновационной деятельности находятся не только в поле зрения контролирующих органов, но и ученых-экономистов, находят отражение в научных публикациях и диссертационных исследованиях. Большинство исследователей определяют аудит как

ключевой инструмент управления инновационной деятельностью организации [Митяков С.Н. [и др.], 2020; Климова Т.С., 2012; Сердечный Д.В. [и др.], 2023; Ахмедов Г.И., 2023 и др.]. Предлагаются различные подходы, инструменты, методики аудита инновационной деятельности, инновационного потенциала, эффективности инновационной деятельности.

Ряд авторов посвятили свои исследования организации внутреннего контроля инновационной деятельности, определяя его роль в повышении эффективности инновационной деятельности, в оценке соответствия принимаемых решений инновационной стратегии организации [Брянцева Т.А. и Шевченко М.В., 2016].

Региональный аспект инновационных преобразований и роль инновационного аудита исследовались в работах [Максимов Ю.М. [и др.], 2011; Лапаев Д.Н. и Мокрецова Е.С., 2020].

Вместе с тем, остается ряд проблемных вопросов, требующих дальнейшего исследования:

- во-первых, на сегодняшний день нет однозначного определения термина «аудит инноваций» и поэтому он часто отождествляется с категорией «инновационный аудит», что является достаточно дискуссионным;
- во-вторых, в имеющихся публикациях формулировка предмета (направлений) аудита инноваций в реальном бизнесе, в конкретной организации носит многозначный характер, и поэтому требует изучения точки зрения практических работников на потребности реального бизнеса в аудите инноваций;
- в-третьих, представляет теоретический и практический интерес исследование факторов, определяющих направления аудита инноваций в конкретной организации.

Целью данного исследования является изучение мнения бизнес-сообщества на возможные предметы аудита инноваций и формулировка факторов, определяющих направления аудита инновационной деятельности экономического субъекта.

Реализация намеченной цели потребовала решения следующих задач:

- разграничение понятий «аудит инноваций» и «инновационный аудит»;
- систематизация направлений аудита инновационной деятельности организации;
- проведение анкетирования представителей бизнес-сообщества для определения отношения реального бизнеса к аудиту инноваций и его приоритетным

направлениям;

- обобщение результатов анкетирования с целью выявления факторов, определяющих предмет аудита инноваций в сфере реального бизнеса.

Материалы и методы исследования

Для изучения мнения представителей коммерческих организаций относительно аудита их инновационной деятельности проводилось анкетирование руководителей и специалистов экономических служб 32 промышленных организаций Витебского региона, среди которых присутствовали предприятия различных организационно-правовых форм. Участниками экспертного опроса стали представители известных в регионе субъектов хозяйствования: РУПТП «Оршанский льнокомбинат», ОАО «Витязь», ОАО «Витебские ковры», СООО «Белвест», ЧП «Полимерконструкция», СООО «ФОРТЭКС – ВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ», ООО «ПО «Энергокомплект» и другие. Их распределение по формам собственности и размеру бизнеса представлено в таблице 1.

Как видим из таблицы 1, вниманием были охвачены предприятия различных форм собственности, среди которых присутствовали представители крупного, среднего и малого бизнеса. При этом, как и следовало ожидать, государственная форма собственности в большей степени характерна для крупного бизнеса (64 % респондентов), в то время как в среднем и малом бизнесе превалирует частная форма собственности (75 % и 89 % соответственно). Наличие в перечне форм собственности смешанной формы, в то время как для национальных экономических субъектов предусмотрены только государственная и частная формы собственности, объясняется тем, что отдельные субъекты хозяйствования указывают в своей бухгалтерской и статистической отчетности такую форму, которая по сути сочетает в себе участие частной и государственной собственности. При проведении экспертного опроса респондентами была указана смешанная форма собственности, которая по действующему законодательству относится к одному из видов частной формы. Соблюдая корректность в отношениях с респондентами, авторы приводят результаты экспертного опроса в формулировках, указанных в анкетах.

Для того, чтобы сформировать представление об участии респондентов в инновационной деятельности, им были предложены следующие вопросы:

- «осуществляет ли Ваша организация инновационную деятельность?»;

Таблица 1 – Распределение респондентов по формам собственности и размеру бизнеса

Table 1 – Distribution of respondents by ownership type and business size

Форма собственности	Размер бизнеса						Распределение по формам собственности	
	Крупный		Средний		Малый		Количество, ед.	Удельный вес, %
	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %		
Государственная	7	64	3	25	1	11	11	34
Частная	2	18	9	75	8	89	19	59
Смешанная	2	18	-	-	-	-	2	7
Итого		100		100		100		
Распределение по размеру бизнеса	11	34	12	38	9	28	32	100

Источник: составлено авторами по результатам анкетного опроса.

– «планирует ли Ваша организация в будущем осуществлять инновационную деятельность?».

Результаты обработки анкет по ответам на указанные вопросы приведены в таблицах 2 и 3.

Как видим, среди респондентов отсутствуют такие организации, которые осуществляют инновационную деятельность, но не собираются ее продолжать. Это еще раз подчеркивает факт осознания экономическими субъектами важности инноваций для сохранения и повышения их конкурентоспособности. Наиболее активная инновационная деятельность отмечается у представителей крупного бизнеса, однако нельзя не отметить стремление к внедрению инноваций у субъектов

малого и среднего бизнеса, планирующими заниматься инновационной деятельностью. Наличие заполненных последних двух граф в таблице, на наш взгляд, вызвано спецификой видов экономической деятельности отдельных организаций и тем фактом, что в понимании специалистов инновационная деятельность в большинстве случаев ассоциируется с продуктовыми или технологическими инновациями, несмотря на повсеместное внедрение цифровых технологий в различные бизнес-процессы, которые несомненно относятся к инновационной составляющей функционирования бизнеса.

Идентичная картина наблюдается при распределении объектов исследования по формам собственно-

Таблица 2 – Распределение респондентов определенного размера бизнеса по отношению к осуществлению инновационной деятельности

Table 2 – Distribution of respondents of a certain business size in relation to the implementation of innovative activities

Размер бизнеса	Осуществляют инновационную деятельность и планируют осуществлять		Осуществляют инновационную деятельность, но не планируют осуществлять		Не осуществляют инновационную деятельность, но планируют осуществлять		Не осуществляют инновационную деятельность и не планируют осуществлять	
	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %
Крупный	8	44	-	-	2	20	1	25
Средний	7	39	-	-	4	40	1	25
Малый	3	17	-	-	4	40	2	50
Итого	18	100	-	-	10	100	4	100

Источник: составлено авторами по результатам анкетного опроса.

Таблица 3 – Распределение респондентов определенной формы собственности по отношению к осуществлению инновационной деятельности

Table 3 – Distribution of respondents of a certain ownership form in relation to the implementation of innovative activities

Форма собственности	Осуществляют инновационную деятельность и планируют ее осуществлять		Осуществляют инновационную деятельность, но не планируют ее осуществлять		Не осуществляют инновационную деятельность, но планируют ее осуществлять		Не осуществляют инновационную деятельность и не планируют ее осуществлять	
	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %
Государственная	8	44	-	-	2	20	1	25
Частная	8	44	-	-	8	80	3	75
Смешанная	2	12	-	-	-	-	-	-
Итого	18	100	-	-	10	100	4	100

Источник: составлено авторами по результатам анкетного опроса.

сти и по осуществлению инновационной деятельности (таблица 3).

Предприятия смешанной формы собственности в данном исследовании представлены открытыми акционерными обществами, относящимися к крупному бизнесу, несомненно являются активными участниками инновационных процессов. Малый и средний бизнесы, которые представлены в большинстве случаев частной формой собственности, менее чем наполовину являются участниками инновационной деятельности, однако в большинстве своем планируют ее осуществлять.

Так как исследование было связано с определением направлений аудита инновационной деятельности, по мнению авторов, одним из направлений контроля могут быть источники финансирования инноваций, так как во многих случаях это финансирование носит целевой характер. С этой целью в анкету были включены вопросы, касающиеся привлечения заемных средств и средств специальных фондов, предназначенных для финансирования инновационной деятельности организаций. Результаты обработки анкет приведены в таблицах 4 и 5.

Как видим из таблицы 4, в большинстве случаев бизнес не обходится без привлечения заемных средств для осуществления инновационной деятельности, а в малом бизнесе доля таких организаций составила 100 %. Активно привлекают средства государственных программ по поддержке инновационной деятельности представители крупного и малого бизнеса. Необходимо отметить, что из общего количество респондентов (18) только три

организации не привлекают заемные средства на цели, связанные с инновационной деятельностью.

Анализ распределения респондентов, осуществляющих инновационную деятельность, по формам собственности и привлечению средств для внедрения инноваций (таблица 5) позволяет сделать следующие выводы:

- все респонденты, которые не привлекают заемных средств, оказались организациями государственной формы собственности;
- все респонденты смешанной формы собственности (как уже отмечалось ранее, ОАО) финансирование инновационной деятельности осуществляют за счет средств специальных фондов и дополнительного привлечения заемных средств;
- организации, относящиеся к частному бизнесу, также все используют заемные средства, и половина из них пользуется средствами государственных программ по поддержке инновационной деятельности.

Изучение практики проведения аудиторских проверок на объектах исследования позволяет сделать вывод о полном их охвате, однако распределение между обязательным и инициативным аудитом составляет 22 к 10 соответственно. Предметом аудита при этом является бухгалтерская финансовая и налоговая отчетность субъектов хозяйствования.

Заслуживает внимания тот факт, что на вопрос «Считаете ли Вы необходимым включение в учебные программы подготовки специалистов в области учета и контроля вопросов, связанных с аудитом инноваци-

Таблица 4 – Распределение респондентов, осуществляющих инновационную деятельность, по размерам бизнеса и источникам ее финансирования

Table 4 – Distribution of respondents engaged in innovative activities by business size and sources of financing

Размер бизнеса	Привлекают заемные средства для финансирования инновационной деятельности		Привлекают средства государственных программ по поддержке инновационной деятельности		Не привлекают заемные средства для финансирования инновационной деятельности		Всего	
	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %
Крупный	7	88	6	77	1	12	8	100
Средний	5	71	2	29	2	29	7	100
Малый	3	100	2	67	-	-	3	100

Источник: составлено авторами по результатам анкетного опроса.

Таблица 5 – Распределение респондентов, осуществляющих инновационную деятельность, по формам собственности и источникам ее финансирования

Table 5 – Distribution of respondents engaged in innovative activities by ownership form and sources of financing

Форма собственности	Привлекают заемные средства для финансирования инновационной деятельности		Привлекают средства государственных программ по поддержке инновационной деятельности		Не привлекают заемные средства для финансирования инновационной деятельности		Всего	
	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %	Количество, ед.	Удельный вес, %
Государственная	5	63	4	50	3	37	8	100
Частная	8	100	4	50	-	-	8	100
Смешанная	2	100	2	100	-	-	2	100

Источник: составлено авторами по результатам анкетного опроса.

онной деятельности?» ответ «да» получен от 31 респондента, а ответ «нет» – только от 1. Представляет интерес мнение респондентов относительно предмета (направлений) аудита инновационной деятельности (таблицы 6 и 7). При этом необходимо отметить, что ряд направлений аудита был сформулирован авторами статьи, а несколько направлений (отмеченных *) были добавлены респондентами.

Представленные данные позволяют проранжировать предметы аудита инновационной деятельности с позиции интереса к ним экономических субъектов. Наибольший интерес и важное значение с точки зрения реального бизнеса имеют такие предметы аудита, как:

- затраты на инновационную деятельность;

- целевое использование финансирования;
- оценка организации бухгалтерского учета инновационной деятельности.

Их отметили более половины респондентов. Все они связаны скорее с контрольными функциями аудита. Однако, половина респондентов желала бы получить информацию о выделении новых технологий, обладающих коммерческим потенциалом, и почти половина хотели бы оценить свой инновационный потенциал и степень инновационности своих разработок. Эти направления аудита связаны не столько с проверкой, сколько с консультационными услугами о перспективах получать экономическую выгоду от инновационной деятельности.

Таблица 6 – Направления аудита инновационной деятельности, отмеченные респондентами (в разрезе размера бизнеса)

Table 6 – Areas of innovation audit noted by respondents (by business size)

Предмет аудита инновационной деятельности	Размер бизнеса						Всего	
	Крупный		Средний		Малый			
	Количество утвердительных ответов	Доля в количестве респондентов данной группы, %	Количество утвердительных ответов	Доля в количестве респондентов данной группы, %	Количество утвердительных ответов	Доля в количестве респондентов данной группы, %	Количество утвердительных ответов	Доля в общем количестве респондентов, %
Степень инновационности разработок	3	27	7	58	3	33	13	41
Затраты на инновационную деятельность	5	45	8	67	7	78	20	62
Целевое использование финансирования	7	63	4	33	7	78	18	56
Соблюдение сметы затрат на инновационные разработки	5	45	4	33	5	56	14	44
Оценка организации бухгалтерского учета инновационной деятельности	5	45	8	67	4	44	17	53
Выделение новых технологий, обладающих коммерческим потенциалом	2	18	8	67	6	67	16	50
Оценка инновационного потенциала организации	4	36	6	50	5	56	15	47
Деятельность организаций, входящих в инновационные кластеры*	1	9	-	-	1	11	2	6
Соответствие инновационных проектов стратегическим целям организации*	-	-	-	-	1	11	1	3
Аудит социальных и экологических результатов от осуществления инновационной деятельности*	1	9	-	-	-	-	1	3
Оценка эффективности персонала, задействованного в инновационной деятельности*	1	9	-	-	-	-	1	3
Обоснованность применения налоговых льгот при осуществлении инновационной деятельности*	-	-	2	16	-	-	2	6

Источник: составлено авторами по результатам анкетного опроса.

Таблица 7 – Направления аудита инновационной деятельности, отмеченные респондентами (в разрезе форм собственности бизнеса)

Table 7 – Areas of innovation audit noted by respondents (by business ownership forms)

Объекты аудита инновационной деятельности	Форма собственности						Всего	
	Государственная		Частная		Смешанная			
	Количество утвержденных ответов	Доля в количестве респондентов данной группы, %	Количество утвержденных ответов	Доля в количестве респондентов данной группы, %	Количество утвержденных ответов	Доля в количестве респондентов данной группы, %	Количество утвержденных ответов	Доля в общем количестве респондентов, %
Степень инновационности разработок	4	36	8	42	1	50	13	41
Затраты на инновационную деятельность	6	55	14	74	-	-	20	62
Целевое использование финансирования	6	55	10	53	2	100	18	56
Соблюдение сметы затрат на инновационные разработки	6	55	7	37	1	50	14	44
Оценка организации бухгалтерского учета инновационной деятельности	6	55	11	58	-	-	17	53
Выделение новых технологий, обладающих коммерческим потенциалом	4	36	12	63	-	-	16	50
Оценка инновационного потенциала организации	7	64	8	42	-	-	15	47
Деятельность организаций, входящих в инновационные кластеры*	-	-	2	11	-	-	2	6
Соответствие инновационных проектов стратегическим целям организации*	-	-	1	5	-	-	1	3
Аудит социальных и экологических результатов от осуществления инновационной деятельности*	1	9	-	-	-	-	1	3
Оценка эффективности персонала, задействованного в инновационной деятельности*	1	9	-	-	-	-	1	3
Обоснованность применения налоговых льгот при осуществлении инновационной деятельности*	-	-	2	11	-	-	2	6

Источник: составлено авторами по результатам анкетного опроса.

Результаты исследования

Аудит инновационной деятельности призван сыграть важную роль в определении оптимальной инновационной стратегии коммерческой организации. С другой стороны, и сама аудиторская деятельность сопровождается внедрением различного рода инноваций, касающихся методов и технологии проведения аудиторских проверок. Это привело к параллельному использованию двух терминов: «инновационный аудит» и «аудит инноваций». Многие авторы в своих публикациях отождествляют эти понятия и определяют инновационный аудит как «элемент системы управления инновационным процессом организации» (Шегурова В.П. и Засимова А.В., 2018); как «перспективный механизм управления инновационной деятельностью» организации (Лапаев Д.Н. и Мокрецова Е.С., 2020); как «инструмент управления инновационными бизнес-процессами» (Сердечный Д.В. [и др.], 2023); как «комплексную процедуру анализа эффективности инновационных процессов в социально-экономических системах» (Максимов Ю.М. [и др.], 2011) и т. п.

На наш взгляд, для более точного определения и понимания обозначенных терминов следует согласиться с мнением тех исследователей, которые разграничивают эти понятия, подразумевая под инновационным аудитом инновационные технологии проведения аудиторских процедур, в то время как аудит инноваций рассматривается как одно из направлений аудиторской деятельности.

Если аудит в большинстве случаев рассматривается как процесс независимой и объективной проверки финансовой отчетности компании с целью подтверждения ее достоверности и соответствия установленным нормам, то в такой трактовке инновационный аудит для сбора и анализа доказательств использует инновационные методы. Авторы отмечают, что «развитие процессов цифровизации и внедрение новых информационных технологий оказывают влияние не только на деятельность экономических субъектов, но и на аудиторскую, в которой возникает необходимость использования иных моделей организации проведения аудита и получения достаточного количества аудиторских процедур, подтверждающих достоверность и полноту финансовой отчетности» (Карпова Т.П. [и др.], 2022). Инновационные методы в аудите связаны с информационными технологиями, использование которых по мнению ряда исследователей привело к изменению представлений о самом аудите (Симакова В.С., 2024; Баева А.А. [и др.], 2020;

Варламова Д.В. [и др.], 2020). Появились новые предметы аудита и новые термины: IT-аудит, аудит больших данных, интеллектуальный аудит и др. Таким образом, в целом сущность инновационного аудита заключается в инновационных процедурах проведения аудита. Это позволяет сформулировать следующее определение:

инновационный аудит – это аудит, в процессе проведения которого используются инновационные методы сбора, анализа и оценки информации о деятельности организации.

При этом в современной экономике аудит не ограничивается только оценкой финансовой деятельности компании, а значительно расширяет свой предмет, в том числе и в направлении аудита инновационной деятельности определенной организации. Относительно аудита инновационной деятельности мнения исследователей значительно разнятся и это отражается в сформулированных авторами направлениях или этапах аудита.

Анализ публикаций по данной теме показывает, что отдельные авторы рассматривают аудит инновационной деятельности организации достаточно широко, увязывая его с аудитом организационной структуры предприятия, всесторонним анализом деятельности организации и т. п. (Ветрова И.Ф., 2014; Ахмедов Г.И., 2023).

Другие исследователи определяют направления, которые непосредственно характеризуют инновационную деятельность: аудит инновационного потенциала, аудит инновационной стратегии, аудит эффективности или результативности инновационной деятельности (Лапаев Д.Н. и Мокрецова Е.С., 2020).

В отдельных публикациях отмечается необходимость анализа специфики инновационной деятельности на предприятии и наличия необходимой информации для проведения аудита, а также выбора критериев оценки эффективности инновационной деятельности (Федоренко И.В. и Рядчикова А.В., 2014).

Многие авторы акцентируют внимание на персонале организации, отмечая такие направления аудита как аудит человеческого капитала; аудит менеджмента знаний в организации; аудит должностных обязанностей работников инновационного отдела (предполагая его наличие в организации); аудит эффективности взаимодействия субъектов инновационной деятельности (Рыковский И.М., 2012; Ахмедов Г.И., 2023; Максимов Ю.М. [и др.], 2011).

Необходимо выделить также мнение отдельных авторов, которые считают, что при проведении аудита

инновационной деятельности необходимо сравнение организации с конкурентами по показателям затрат на НИОКР, расходов на инновационную деятельность в целом и на исследования и разработки в частности, либо в целом сравнение с конкурентами по всем направлениям деятельности, что предполагает наличие информации о конкурентах, иными словами, соответствующей деловой разведке (Шамина Л.К., 2010).

В ряде случаев исследователи отмечают необходимость объединения усилий аудиторов и специалистов организации для оптимизации инновационной стратегии организации и ее реализации (Шегурова В.П. и Засимова А.В., 2018).

Обобщение точек зрения исследователей позволяет определить специфику аудита инноваций: оценка уровня новизны разработок, оценка возможности их коммерциализации, оценка рисков организации и эффективности инноваций. Следовательно, если рассматривать инновации как предмет аудита, то в данной трактовке аудиторские услуги выполняют не столько контрольную функцию, сколько консультационную.

С другой стороны, финансирование инновационной деятельности организации за счет средств специальных фондов усиливает контрольную функцию аудита, который может выразить свое мнение относительно целевого использования выделенных средств, относительно рационального их использования. Это касается и оценки эффективности расходования собственных средств на инновационные разработки, оценки организации учета затрат на инновации и т. п.

Изложенное позволяет определить многогранность предмета аудита инноваций:

- оценка инновационного потенциала организации;
- оценка уровня новизны разработок;
- оценка возможности коммерциализации разработок;
- оценка правильности ведения учета затрат на инновации;
- выявление и устранение нарушений в использовании целевого финансирования;
- предотвращение негативных решений со стороны контролирующих органов, в том числе по использованию налоговых льгот;
- оценка эффективности инновационной деятельности путем сопоставления затрат на инновации и получаемых организацией выгод;
- рекомендации по оптимизации инновационной по-

литики организации.

Следует отметить, что указанные направления аудита инновационной деятельности организации отмечаются в теоретических исследованиях и указываются в мнениях представителей бизнес-сообщества (таблицы 6, 7). Это приводит к выводу о том, что аудит инновационной деятельности организации представляет собой целый комплекс аудиторских услуг и в целом может быть определен следующим образом:

аудит инноваций – это комплекс аудиторских процедур, направленных на изучение и независимую и объективную оценку инновационной деятельности организации, в результате которых разрабатываются рекомендации по повышению ее эффективности, выявляются возможные риски и определяются направления их минимизации.

Набор этих процедур в каждом конкретном случае будет индивидуален и определяется целым рядом факторов:

- во-первых, размером бизнеса: крупный бизнес, как правило, располагает специализированными структурными подразделениями, которые могут самостоятельно определить степень инновационности разработок, но вместе с тем требуют аудита их деятельности с позиции затрат организации на их функционирование и сопоставления этих затрат с размером получаемых выгод;
- во-вторых, те организации, которые привлекли для финансирования инновационной деятельности целевые средства специальных фондов, государственные субсидии, несомненно в качестве первоочередного предмета аудита инноваций будут выделять аудит целевого использования финансирования, чтобы избежать возможных нарушений и негативных результатов различного рода проверок;
- в-третьих, большую роль играет положение организации на рынке и успехи конкурентов, что может потребовать аудита разработок организации с позиции возможности их коммерциализации и получения будущих доходов, повышения уровня конкурентоспособности бизнеса.

Необходимо отметить, что многие из выделенных направлений аудита инноваций, как, например, необходимость проведения оценки инновационного потенциала организации и уровня новизны инноваций, требуют соответствующих компетенций аудитора, так как существует вероятность снижения уровня объективности оценки либо дополнительного привлечения экспертов,

что может вызвать значительное увеличение необходимых ресурсов.

В более узком смысле аудит инноваций, на наш взгляд, может рассматриваться как независимая и объективная оценка информации об инновационной деятельности организации с целью выявления ее инновационного потенциала, уровня новизны инноваций, сопоставления расходов на инновации и получаемых от них выгод. В таком понимании внимание аудитора акцентируется на проверке отчетности по инновационной деятельности, правильности ведения учета затрат на инновации, корректности отражения данных в отчетности.

Выводы

Выбранная тема исследования является объектом пристального внимания как со стороны Высшего Государственного Совета Союзного государства, так и со стороны правительств Российской Федерации и Республики Беларусь, так как аудит инновационной деятельности должен способствовать реализации целого перечня принятых государственных программ: Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы (утверждена Указом Президента Республики Беларусь № 348 от 15 сентября 2021 г.); Концепции технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р); Стратегии научно-технологического развития Союзного государства на период до 2035 года (утверждена Постановлением Высшего Государственного Совета Союзного государства № 2 от 29 января 2024 года). Отдельные вопросы аудита инноваций уже нашли отражение в нормативно-правовых актах. Так, например, Коллегией Счетной палаты Российской Федерации утверждены «Методические рекомендации по проведению аудита государственной поддержки инновационной деятельности» (протокол от 05.12.2023 № 71к [1676]).

Вместе с тем, методологические аспекты аудита инновационной деятельности коммерческой организации нельзя признать в достаточной степени разработанными. По результатам исследования отдельных из этих аспектов могут быть сделаны следующие выводы:

– с целью правильного понимания и применения категорийного аппарата неправомерно отождествлять понятия инновационного аудита и аудита инноваций, так как первый связан с технологией сбора, обработки и анализа информации о разных аспектах деятельности

бизнеса, в том числе и инновационной, в то время как второй имеет свой предмет (инновации), который конкретизируется целым рядом отдельных направлений аудита инноваций;

– инновационные процедуры аудиторской деятельности развиваются по всем ее направлениям и связаны с цифровыми технологиями получения и обработки аудиторских доказательств;

– аудит инноваций – развивающееся направление аудиторской деятельности, которое в большей степени служит объектом внимания теоретиков и практиков в Российской Федерации и не нашло еще широкого применения в Республике Беларусь, для чего необходима разработка соответствующих методик и подготовка специалистов с соответствующими компетенциями;

– аудит инноваций как самостоятельное направление аудиторской деятельности имеет и свой предмет, который по мнению представителей белорусского бизнес-сообщества может быть представлен следующими элементами, проранжированными респондентами по степени значимости:

- а) аудит затрат на инновационную деятельность,
- б) аудит целевого использования финансирования,
- в) аудит организации бухгалтерского учета инновационной деятельности,
- г) выделение новых технологий, обладающих коммерческим потенциалом,
- д) оценка инновационного потенциала организации,
- е) аудит соблюдения сметы затрат на инновационные разработки,
- ж) оценка степени инновационности разработок,
- з) другие частные направления (обоснованность применения налоговых льгот при осуществлении инновационной деятельности; деятельность организаций, входящих в инновационные кластеры; соответствие инновационных проектов стратегическим целям организации и т. п.);

– в аудите инноваций выделяются два направления: первое (на нем чаще акцентирует внимание малый и средний бизнес) связано не столько с проверкой, сколько с консультационными услугами о степени инновационности разработок, о возможности в перспективе получить от них выгоду; второе (его отмечают субъекты, получающие финансирование из различных фондов) характеризуется необходимостью проведения контрольных процедур за соблюдением смет, целевым использованием средств, правильностью применения

налоговых льгот и т. д.

В статье изложены материалы исследования, которое проводилось авторами в рамках подготовки к XI Форуму регионов Беларуси и России для участия в панельной сессии Комитета госконтроля Беларуси и Счетной

палаты России. Авторы выражают глубокую признательность и благодарность руководителям и специалистам экономических служб организаций Витебского региона, которые приняли активное участие в экспертном опросе и выразили свое компетентное мнение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Ахмедов, Г.И. (2023). Аудит инноваций. *Аудит*, том 3, № 41, С. 20–29.
- Баева, А.А., Левина, В.С., Реут, А.В., Свидлер, А.А., Харитонов, И.А. и Григорьев В.В. (2020). Блокчейн-технология в бухгалтерском учете и аудите. *Учет. Анализ. Аудит*, том 7, № 1, С. 69–79. DOI: 10.26794/2408-9303-2020-7-1-69-79.
- Брянцева, Т.А. и Шевченко, М.В. (2016). Организация системы внутреннего контроля инновационной деятельности. *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*, том 1, № 7, С. 5–13.
- Варламова, Д.В., Филатова, В.Б. и Абдураимова, Н.О. (2020). Модернизация процесса аудита посредством информационно-коммуникационных технологий. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, том 7, № 1, С. 47–53.
- Гик, В.В. (2013). Теоретические и практические аспекты аудита инновационной деятельности. *Современные тенденции в экономике и управлении*, том 21, С. 96–100.
- Карпова, Т.П., Коверкова, Ж.А. и Карпова В.В. (2022). Современные способы аудита дистанционного формата. *Современная экономика: проблемы и решения*, том 9, № 153, С. 107–117.
- Керимов, В.В. (2012). Сущность, значение и отдельные аспекты инновационного аудита. *Транспортное дело России*, том 5, С. 25–28.
- Климова, Т.С. (2012). Роль технологического аудита в активизации инновационной деятельности. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D*, том 6, С. 20–26.
- Лапаев, Д.Н. и Мокрецова, Е.С. (2020). Инновационный аудит как эффективный механизм управления инновационной деятельностью в регионе. *Инновационное и промышленное развитие*, том 4, № 8, С. 78–84.
- Лукашов, Н.В. (2023). Актуальные подходы к ресурсному управлению рисками инновационных проектов. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, том 2, № 39, С. 217–247. DOI: 10.21638/spbu05.2023.204.
- Максимов, Ю.М., Митяков, С.Н., Митякова, О.И. и Мокрецова, Е.С. (2011). Инновационные преобразования как императив экономической безопасности региона: инновационный аудит. *Инновации*, том 8, № 154, С. 83–87.
- Митяков, С.Н., Митякова, О.И., Лапаев, Д.Н., Мурашова, Н.А. и Мокрецова, Е.С. (2020). Инновационный аудит как ключевой инструмент управления инновационной деятельностью. *Аудит и финансовый анализ*, том 6, С. 76–81. DOI: 10.38097/AFA.2020.28.70.007.
- Петров, С.П. (2021). Взаимосвязь структуры рынка, размера фирм и их инновационной активности в экономике России: опыт отраслевого конкурентного анализа. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, том 37, № 3, С. 413–441. DOI: 10.21638/spbu05.2021.303.
- Рыковский, И.М. (2012). Аудит инновационного менеджмента. *Наука и инновации*, том 11, № 117, С. 41–50.
- Саенко, К.С. (2009). Инновационный аудит в системе информационного мониторинга хозяйственной деятельности. *Аудит и финансовый анализ*, том 6, С. 263–271.
- Сердечный, Д.В., Курочкин, Д.А., Конышева, А.О. и Царькова, А.Д. (2023). Аудит инноваций в современных условиях. *Московский экономический журнал*, том 10, [Online], URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-10-2023-43/>, (дата обращения: 24.06.2024). DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_10_519.
- Симакова, В.С. (2024). Современные технологии проведения аудита. *Экономика и бизнес: теория и практика*, том 2, С. 80–83.

Смирнов, С., Боброва, С., Аренков, И. и Салихова, Я. (2021). Устойчивые сочетания отличительных особенностей бизнес-моделей инновационных фирм. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, том 37, № 1, С. 62–83. DOI: 10.21638/spbu05.2021103.

Федоренко, И.В. и Рядчикова, А.В. (2014). Аудит эффективности инновационной деятельности. *Аудит и финансовый анализ*, том 6, С. 185–189.

Хомутский, Д.Ю. (2013). Как оценить и улучшить инновационные процессы в компании? *Менеджмент инноваций*, том 2, С. 124–129.

Чередниченко, Л.Г., Губарев, Р.В., Дзюба, Е.И. и Файзуллин, Ф.С. (2020). Целевое управление инновационным развитием регионов России. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, том 36, № 2, С. 319–350. DOI: 10.21638/spbu05.2020.207.

Шамина, Л.К. (2010). Аудит инновационного потенциала предприятия. *Альманах современной науки и образования*, том 1, № 32, С. 71–72.

Шегурова, В.П. и Засимова, А.В. (2018). Аудит инновационной деятельности. *Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева*, том 1, № 2, С. 110–117.

Cherkasova, V.A. and Baron, A.A. (2021). The impact of the ownership structure on the innovative activity of Russian companies. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, том 37, № 4, С. 570–600. DOI: 10.21638/spbu05.2021403.

REFERENCES

Akhmedov, G.I. (2023). Innovation audit [Audit innovatsiy]. *Audit = Audit*, vol. 3, no. 41, pp. 20–29 [In Russian].

Baeva, A.A. Levina, V.S., Reut, A.V., Svidler, A.A., Kharitonov, I.A. and Grigor'ev, V.V. (2020). Blockchain technology in accounting and auditing [Blokcheyn-tehnologiya v bukhgalterskom uchete i audite]. *Uchet. Analiz. Audit = Accounting. Analysis. Audit*, vol. 7, no. 1, pp. 69–79 [In Russian]. DOI: 10.26794/2408-9303-2020-7-1-69-79.

Bryanceva, T.A. and Shevchenko, M.V. (2016). Organization of the internal control system of innovative activities [Organizatsiya sistemy vnutrennego kontrolya innovatsionnoy deyatel'nosti]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova = Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*, vol. 1, no.7, pp. 5–13 [In Russian].

Varlamova, D.V., Filatova, V.B. and Abduraimova, N.O. (2020). Modernization of the audit process through information and communication technologies [Modernizatsiya protsessa audita posredstvom informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologiy]. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava = Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, vol. 7, no. 1, pp. 47–53 [In Russian].

Gik, V.V. (2013). Theoretical and practical aspects of audit of innovation activities [Teoreticheskiye i prakticheskiye aspekty audita innovatsionnoy deyatel'nosti]. *Sovremennyye tendentsii v ekonomike i upravlenii = Modern trends in economics and management*, vol. 21, pp. 96–100 [In Russian].

Karpova, T.P., Koverkova, Z.A., and Karpova, V.V. (2022). Modern methods of auditing in a remote format [Sovremennyye sposoby audita distantsionnogo formata]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya = Modern Economy: Problems and Solutions*, vol. 9, no. 153, pp. 107–117 [In Russian].

Kerimov, V.V. (2012). The essence, meaning and individual aspects of innovation audit [Sushchnost', znachenie i otdel'nyye aspekty innovatsionnogo audita]. *Transportnoye delo Rossii = Transport business of Russia*, vol. 5, pp. 25–28 [In Russian].

Klimova, T.S. (2012). The Role of technological audit in activating innovation activities [Rol' tekhnologicheskogo audita v aktivizatsii innovatsionnoy deyatel'nosti]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya D = Bulletin of Polotsk State University. Series D*, vol. 6, pp. 20–26 [In Russian].

Lapaev, D.N. and Mokretsova, E.S. (2020). Innovative audit as an effective mechanism for managing innovation activities in the region [Innovatsionnyy audit kak effektivnyy mekhanizm upravleniya innovatsionnoy deyatel'nost'yu v regione]. *Innovatsionnoye i promyshlennoye razvitiye = Innovative and industrial development*, vol. 4, no. 8,

pp. 78–84 (In Russian).

Lukashov, N.V. (2023). Current approaches to resource risk management of innovative projects [Aktual'nyye podkhody k resursnomu upravleniyu riskami innovatsionnykh proyektov]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika = Bulletin of Saint Petersburg University. Economics*, vol. 2, no 39, pp. 217–247 (In Russian). DOI: 10.21638/spbu05.2023.204.

Maksimov, Yu.M., Mityakov, S.N., Mityakova, O.I. and Mokretscova, E.S. (2011). Innovative transformations as an imperative of regional economic security: an innovation audit [Innovatsionnyye preobrazovaniya kak imperativ ekonomicheskoy bezopasnosti regiona: innovatsionny audit]. *Innovatsii = Innovations*, vol. 8, no. 154, pp. 83–87 (In Russian).

Mityakov, S.N., Mityakova, O.I., Lapaev, D.N., Murashova, N.A. and Mokretsova, E.S. (2020). Innovative audit as a key tool for managing innovation activities [Innovatsionny audit kak klyuchevoy instrument upravleniya innovatsionnoy deyatel'nost'yu]. *Audit i finansovyy analiz = Audit and financial analysis*, vol. 6, pp. 76–81 (In Russian). DOI: 10.38097/AFA.2020.28.70.007.

Petrov, S.P. (2021). The relationship between market structure, firm size and their innovative activity in the Russian economy: experience of industry competitive analysis [Vzaimosvyaz' struktury rynka, razmera firm i ikh innovatsionnoy aktivnosti v ekonomike Rossii: opyt otraslevogo konkurentnogo analiza]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika = Bulletin of Saint Petersburg University. Economics*, vol. 37, no 3, pp. 413–441 (In Russian). DOI: 10.21638/spbu05.2021.303.

Rykovsky, I.M. (2012). Audit of innovation management [Audit innovatsionnogo menedzhmenta]. *Nauka i innovatsii = Science and Innovation*, vol. 11, no. 117, pp. 41–50 (In Russian).

Saenko, K.S. (2009). Innovative audit in the system of information monitoring of economic activity [Innovatsionny audit v sisteme informatsionnogo monitoringa khozyaystvennoy deyatel'nosti]. *Audit i finansovyy analiz = Audit and financial analysis*, vol. 6, pp. 263–271 (In Russian).

Serdechny, D.V., Kurochkin, D.A., Konysheva, A.O. and Tsarkova, A.D. (2023). Audit of Innovations in Modern Conditions [Audit innovatsiy v sovremennykh usloviyakh]. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal = Moscow Economic Journal*, vol. 10, [Online], URL: <https://qe.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-10-2023-43/>, (Accessed: 24.06.2024) (In Russian). DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_10_519.

Simakova, V.S. (2024). Modern technologies of audit [Sovremennyye tekhnologii provedeniya audita]. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Economy and business: theory and practice*, vol. 2, pp. 80–83 (In Russian).

Smirnov, S., Bobrova, S., Arenkov, I. and Salikhova, Ya. (2021) Stable combinations of distinctive features of business models of innovative firms [Ustoychivyye sochetaniya otlichitel'nykh osobennostey biznes-modeley innovatsionnykh firm]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika = Bulletin of Saint Petersburg University. Economics*, vol. 37, no 1, pp. 62–83 (In Russian). DOI: 10.21638/spbu05.2021.103.

Fedorenko, I.V. and Ryadchikova, A.V. (2014). Audit of the effectiveness of innovation activities [Audit effektivnosti innovatsionnoy deyatel'nosti]. *Audit i finansovyy analiz = Audit and financial analysis*, vol. 6, pp. 185–189 (In Russian).

Khomutsky, D.Yu. (2013). How to evaluate and improve innovation processes in a company? [Kak otsenit' i uluchshit' innovatsionnyye protsessy v kompanii?] *Menedzhment innovatsiy = Innovation Management*, vol. 2, pp. 124–129 (In Russian).

Cherednichenko L.G., Gubarev, R.V., Dzyuba, E.I. and Faizullin, F.S. (2020). Targeted management of innovative development of Russian regions [Tselevoye upravleniye innovatsionnym razvitiyem regionov Rossii]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika = Bulletin of Saint Petersburg University. Economics*, vol. 36, no 2, pp. 319–350 (In Russian). DOI: 10.21638/spbu05.2020.207.

Shamina, L.K. (2010). Audit of the innovative potential of the enterprise [Audit innovatsionnogo potentsiala predpriyatiya]. *Al'manakh sovremennoy nauki i obrazovaniya = Almanac of modern science and education*, vol. 1, no. 32, pp. 71–72 (In Russian).

Shegurova, V.P. and Zasimova, A.V. (2018). Audit of innovation activities [Audit innovatsionnoy deyatel'nosti]. *Vestnik Volzhskogo universiteta imeni V.N.Tatishcheva = Bulletin of the Volga University named after V.N. Tatishchev*, vol. 1, no. 2, pp. 110–117 (In Russian).

Cherkasova V.A. and Baron A.A. (2021). The impact of the ownership structure on the innovative activity of Russian companies. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika = Bulletin of Saint Petersburg University. Economics*, vol. 37, no 4, pp. 570–600. DOI: 10.21638/spbu05.2021.403.

Информация об авторах

Information about the authors

Касаева Тамара Васильевна

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь. E-mail: KasaevaTV@mail.ru

Сацук Татьяна Павловна

Доктор экономических наук, заведующий кафедрой «Бухгалтерский учет и аудит», ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», Российская Федерация. E-mail: stp13@mail.ru

Солодкий Дмитрий Тадеушевич

Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь. E-mail: d.t.solodkiy@gmail.com

Пакшина Татьяна Павловна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь. E-mail: Pakshina@mail.ru

Tamara V. Kasayeva

Candidate of Science (in Engineering), Chair of the Department "Economics and Electronic Business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus. E-mail: KasaevaTV@mail.ru

Tatiana P. Satsuk

Doctor of Sciences (in Economics), Chair of the Department "Accounting and Audit", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I", Russian Federation. E-mail: stp13@mail.ru

Dmitry T. Solodky

Candidate of Science (in Economics), Associate Professor at the Department "Economics and Electronic Business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus. E-mail: d.t.solodkiy@gmail.com

Tatyana P. Pakshina

Candidate of Science (in Economics), Associate Professor at the Department "Economics and Electronic Business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus. E-mail: Pakshina@mail.ru

Конкурентный потенциал административно-территориальных единиц: оценка и направления развития

М. Б. Иванов

Белорусский институт стратегических исследований. Отделение по Брестской области, Республика Беларусь

Аннотация. Современное социально-экономическое развитие Республики Беларусь происходит в условиях усиления конкуренции между её административно-территориальными единицами (далее – АТЕ) за экономические и демографические ресурсы через повышение уровня жизни населения. Опыт показывает, что развитие конкурентных преимуществ и эффективная экономика необходимы для устойчивого развития регионов. Особенно, если речь идет о малых городах и сельской местности.

Целью настоящего исследования является развитие теоретико-методических положений и практических рекомендаций по повышению конкурентного потенциала АТЕ Республики Беларусь. В статье выделены проблемы формирования конкурентного потенциала как общие, так и частные, специфические для конкретных АТЕ Брестской области. На основании предложенной автором методики комплексной оценки конкурентного потенциала проведена их группировка. В основу разработанной оценки положен индексный метод по показателям, характеризующим конкурентные возможности на основе имеющихся ресурсов и эффективность их реализации.

В итоговой части предложены направления по повышению конкурентного потенциала, получившего оценку малого или проблемного, на примере АТЕ Брестской области. Они сведены как в общие для данных групп потенциалов, так и в отдельные для каждого района, отнесенного в указанные группы.

Ключевые слова: регион, ресурсы, административно-территориальная единица, конкурентный потенциал, текущая эффективность, достижимый потенциал, конкурентные возможности.

Информация о статье: поступила 13 августа 2024 года.

Competitive potential of administrative-territorial units: assessment and development directions

Maxim B. Ivanov

Belarusian Institute for Strategic Researches. Brest Regional Division, Republic of Belarus

Abstract. The modern socio-economic development of Belarus takes place in the context of increasing competition between its administrative-territorial units (hereinafter referred to as ATUs) for economic and demographic resources through improving the population's standard of living. Experience shows that the development of competitive advantages and an efficient economy is necessary for the sustainable development of regions, especially in small towns and rural areas.

The aim of this research is to develop theoretical and methodological principles and practical recommendations for enhancing the competitive potential of the ATUs of the Republic of Belarus. The article highlights both general and specific problems related to the formation of competitive potential for certain ATUs in the Brest region. Based on the author's proposed methodology for comprehensive assessment of competitive potential, a grouping of the ATUs was conducted. The assessment is based on an index method that utilizes indicators reflecting the competitive opportunities based on available resources and the effectiveness of their utilization.

In the final section, directions are proposed for increasing the competitive potential that has been assessed as low or problematic, using the example of the ATUs of the Brest region. These proposals are categorized into general recommendations for these groups of potentials and specific ones for each district classified into the mentioned groups.

Keywords: dregion, resources, administrative-territorial unit, competitive potential, current efficiency, achievable potential, competitive opportunities.

Article info: received August 13, 2024.

Введение

В Республике Беларусь уделяют большое внимание развитию регионов, прежде всего, составляющих страну административно-территориальных единиц (далее – АТЕ) и повышению их вклада в решение общих проблем страны (Богданович, 2011). Цель – переход к устойчивому развитию через комплексное решение социально-экономических задач каждого региона и повышение его конкурентоспособности. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030¹ года впервые поставила цель комплексного развития регионов с учетом их потенциала и преимуществ. В следующей редакции данной стратегии она включала равные возможности в регионах «для достижения высокого уровня и качества жизни населения на основе реализации личностного потенциала и удовлетворения потребностей граждан, рационального размещения производительных сил, эффективного, сберегающего и развивающего использования ресурсов»².

Вопросы конкурентоспособности территориальных единиц, их характеристик, влияния на конкурентные преимущества, управления и стратегического планирования на региональном уровне широко исследуются отечественными и зарубежными учеными.

В Республике Беларусь проблемы развития регионов, их социально-экономического потенциала и эффективности функционирования, их влияние на экономический рост, взаимосвязь с факторами производства исследо-

вались в работах Я.М. Александровича, Н.Г. Берченко, А.В. Богдановича, Т.С. Вертинской, Н.П. Драгуна, А.И. Мороза, Г.В. Ридевского, И.Н. Русак, И.Э. Тоцицкой, М.В. Мясниковича, А.А. Шашко, В.Н. Шимова, В.С. Фатеева и других авторов. Вопросами региональной конкурентоспособности также занимаются такие исследователи как А. Чубрик, Г. Шиманович. Теоретические и методологические аспекты конкурентоспособности национальной экономики проанализированы такими отечественными учеными, как П.Г. Никитенко, В.В. Пинигин, Д.Ю. Хамчуков и др.

В настоящее время АТЕ Республики Беларусь подвержены влиянию ряда глобальных трендов развития, в частности, регионополизации, урбанизации и существенным сдвигам в демографических и экономико-социальных процессах размещения производительных сил. В их основе лежат конкурентные возможности и экономическая эффективность регионов, где первое – это совокупность ресурсов, которые можно использовать для развития. Оценка этого потенциала должна учитывать наличие и уровень развития этих ресурсов.

Конкуренция – это конфликтное соперничество между субъектами, в результате которого одни получают конкурентные преимущества над другими. Современная конкуренция проявляется как неотъемлемая часть рынка. На товарном рынке бизнесы соревнуются за лучшие условия производства и продажи товаров и услуг. На рынке труда конкурируют работодатели и наемные работники, а сами соискатели борются за хорошие вакансии. Потребители также соревнуются за доступ к редким и престижным товарам и услугам (Рубин, 2004). Конкуренция проявляется не только на рынке, поскольку соперничество шире сферы обмена. Она возникает, когда реализация интересов одних невозможна без ущемления интересов других. Административно-территориальные единицы также конкурируют, так как имеют свои цели развития, что может приводить к конфликтам. Это же положение справедливо и в отношении государств (Спартак, 2024), и их надгосударственных объединений, при этом соперничать могут отдельные государства с целыми блоками других государств (Четверикова, 2024). Межгосударственная конкуренция регулируется договорными отношениями достаточно давно. Аналогично, государство должно регулировать отношения между

¹ Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года (2015) Экономический бюллетень Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь, № 4, сс. 6–99. National Strategy for Sustainable Socio-Economic Development of the Republic of Belarus for the Period until 2030 (2015) Economic Bulletin of the Research Institute of Economic Research of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus, No. 4, pp. 6–99.

² Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года (2020) [Электронный ресурс], Министерство экономики Республики Беларусь, National Strategy for Sustainable Development of the Republic of Belarus for the Period until 2035 (2020) [Electronic Resource], Ministry of Economy of the Republic of Belarus, Режим доступа: <https://economy.gov.by/uploads/files/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-razvitija-Respubliki-Belarus-na-period-do-2035-goda.pdf>.

своими внутренними АТЕ, чтобы уменьшить напряжение и перевести соперничество в неконфликтную форму. Однако, в отличие от наднационального уровня, для таких ресурсов, как население и рабочая сила, регулирование должно способствовать достижению общих целей устойчивого развития страны.

Отсюда следует необходимость дальнейшей разработки инструментария оценки потенциала и предложений по его совершенствованию для решения практических задач на местном уровне, что и составляет цель настоящего исследования. Оно должно давать комплексную оценку потенциала АТЕ, анализ тенденций в них и группировку территорий с похожими характеристиками (Шимов и др., 2004). Необходимо научное обоснование направлений повышения потенциала АТЕ базового уровня, что требует новых подходов к его анализу, а также разработки конкретизированных предложений.

Основная гипотеза исследования заключается в том, что потенциал имеет двойственную структуру (двойное измерение): как совокупность ресурсов, формирующих конкурентные возможности АТЕ, и как текущая конкурентоспособность АТЕ. При этом оценка конкурентоспособности приравнивается к текущей эффективности деятельности. Исходя из этих посылок, сформулированы следующие определения (Иванов, 2020а):

- конкурентоспособность АТЕ – это её способность производить определенный набор продукции, работ, услуг более эффективно в сравнении с другими АТЕ в пределах одной области или страны в целом;

- конкурентные возможности АТЕ – это общедоступные факторы производства, которые необходимы для роста производительности АТЕ, потребление (размещение) которых на её территории уменьшает доступность их потребления (размещения) в других АТЕ;

- конкурентный потенциал АТЕ – это совокупная способность данной АТЕ производить определенный набор продукции, работ, услуг более эффективно в сравнении с другими АТЕ в пределах области либо страны в целом в соответствии с заданными целями развития в условиях имеющихся конкурентных возможностей и уровня их использования.

Данные определения, в отличие от других, позволяют более объективно оценить сущность рассматриваемых категорий с позиции признания того факта, что конкурентоспособность является характеристикой только действующего субъекта (коим выступает вся территория в целом), учитывая особенности размещения ресурсов

и их реализации в АТЕ страны.

Двойственная структура конкурентного потенциала АТЕ позволяет провести их группировку для определения передовых и отстающих регионов и направлений развития последних.

Методы и средства исследований

Интегральные индексы, применяемые для оценки социально-экономического развития стран и регионов, разрабатываются по множеству направлений (Гришина, Польшин, 2020), однако, наиболее комплексными представляются те из них, которые наиболее полно раскрывают основные факторы потенциала (труд, земля, капитал). Среди других составляющих следует также выделить развитие всех видов транспортно-коммуникационной, инженерной, социальной инфраструктуры, а также накопленного в регионах инновационного потенциала (Польшин, 2020). Предложенные факторы позволяют более точно диагностировать резервы роста. Для оценки обеспеченности возможностями и текущей эффективности их реализации в АТЕ предложено (Иванов, 2020а, 2020б) использовать показатели, сгруппированные в уровни обеспеченности определенными ресурсами (демографические, земельные и лесные, инновационные и трудовые ресурсы, основные средства, коммерческие организации, транспортная и социальная инфраструктура и объекты торговли и потребительского сервиса). В них включены как официально публикуемые статистические показатели для районов и городов областного подчинения, так и рассчитанные автором стоимостные показатели оценки земельных и лесных ресурсов (на основе официально публикуемых земельных и лесных кадастров), а также ряд показателей ведомственной статистики (не имеющих ограничений к распространению). При этом каждое значение показателя для АТЕ соотносится с аналогичным по области для определения степени превышения (отставания).

Интегрированная оценка конкурентных возможностей есть средняя арифметическая составляющих оценок по вышеуказанным группам показателей. Предлагается следующая градация: 120 % и более – АТЕ обладает лидирующими (высокими) конкурентными возможностями, от 107 до 119 % – АТЕ обладает большими (выше среднего) конкурентными возможностями, от 94 до 106 % – АТЕ обладает средними конкурентными возможностями, от 81 до 93 % – АТЕ обладает слабыми (ниже среднего) конкурентными возможностями, 80 % и ниже – АТЕ обладает низкими конкурентными воз-

возможностями для дальнейшего развития (Иванов, 2020а, 2020б).

Оценка текущего уровня конкурентоспособности экономики АТЕ в рамках предлагаемой методики осуществляется путем расчета интегрального индекса, обобщающего оценки базовых показателей эффективности деятельности. Ключевым среди них является выработка одного среднесписочного работника по видам экономической деятельности, т. к. является непосредственной характеристикой эффективности имеющегося экономического потенциала территории. Дополнительными показателями выступают (в расчете на 1 жителя) экспорт территории, прямые иностранные инвестиции, пассажирооборот и грузооборот, розничный товарооборот и ряд расчетных удельных показателей и коэффициентов. В частности, для АТЕ не рассчитывается такой важный, с точки зрения характеристики потенциала, показатель как ВРП. В качестве замены последнего используется показатель регионального дохода, предложенный белорусскими регионалистами (Берченко, Костерова, 2004), в расчете на душу населения.

При общей оценке текущей конкурентоспособности следует учитывать фактор влияния размера территории

и случайных неverifiedируемых событий на результативность показателей, для чего предлагается нормировать расчетные значения индикаторов.

Градация общей оценки конкурентоспособности каждой АТЕ области базируется на использовании стандартного отклонения (σ) для полученной средней оценки I_{cp} по всем АТЕ. При этом уровень выше среднего предложено определять суммой средней и стандартного отклонения, а ниже среднего – соответственно, разностью. Таким образом, градация оценки для любого параметра текущей конкурентоспособности АТЕ выглядит так: высокий уровень для $I > (I_{cp} + \sigma)$, выше среднего при $I \in (I_{cp} + \sigma), I_{cp}$, средний при $I \in [I_{cp}, (I_{cp} - \sigma)]$, ниже среднего при $I \in [(I_{cp} - \sigma), (I_{cp} - 2\sigma)]$ и низкий уровень при $I < (I_{cp} - 2\sigma)$, где I – среднее значение оценки параметра данной АТЕ (Иванов, 2020а, 2020б).

Результаты исследования

Проведенные расчеты и полученное распределение АТЕ в двухмерном пространстве «конкурентные возможности – текущая конкурентоспособность» позволяют провести группирование АТЕ на обладающих (таблица 1) (Иванов, 2024):

Таблица 1 – Распределение АТЕ по итогам оценки конкурентного потенциала в пространстве «конкурентные возможности – текущая конкурентоспособность»

Table 1 – Distribution of Administrative-Territorial Units Based on the Assessment of Competitive Potential in the «Competitive Opportunities – Current Competitiveness» Framework

		Текущая конкурентоспособность АТЕ				
		Высокая	Выше среднего	Средняя	Ниже среднего	Низкая
Конкурентные возможности АТЕ	Высокие	г. Брест, Брестский	Зона ВКП Барановичский, Каменецкий	Зона НКП		
	Выше среднего		г. Барановичи, Пружанский	Зона СКП		
	Средние		г. Пинск, Кобринский	Ляховичский, Малоритский, Пинский		
	Ниже среднего	Жабинковский	Березовский	Ивацевичский, Луинецкий		Зона МКП
	Низкие	Зона ПКП		Ивановский	Ганцевичский, Дрогичинский, Столинский	

1) высоким конкурентным потенциалом (ВКП). Эта группа включает АТЕ с высокой и выше среднего конкурентоспособностью и возможностями. Лидерство этих АТЕ обусловлено эффективным использованием конкурентных возможностей и благоприятными позициями производителей на национальных и мировых рынках. Эти АТЕ более привлекательны для бизнеса и имеют высокую производительность труда. В их экономике могут развиваться кластеры или они могут быть частью существующих кластеров, что делает их экономику менее диверсифицированной, но высокоэффективной. В период с 2011 по 2022 годы сюда относятся города Брест, Барановичи и их пригородные районы, а также Пружанский район;

2) средним конкурентным потенциалом (СКП). Эта группа включает АТЕ со средними показателями конкурентных возможностей и текущей конкурентоспособности (от выше среднего до ниже среднего). Эти АТЕ типичны для области и имеют параметры социально-экономического развития, близкие к средним по области. Они устойчивы к конкуренции со стороны других АТЕ, за исключением особых случаев. По расчетам, к этой группе относятся город Пинск и районы: Ивацевичский, Кобринский, Лунинецкий, Ляховичский, Малоритский и Пинский;

3) малым конкурентным потенциалом (МКП). Эта группа включает самые слабые в экономическом отношении АТЕ с малоразнообразной экономикой и низкой эффективностью. У них мало конкурентных возможностей и низкая текущая конкурентоспособность из-за очень низкого социально-экономического потенциала на одного жителя. В таких регионах мало рабочих мест и точек для привлечения покупателей, что ведет к оттоку трудоспособного населения в другие АТЕ, усиливая экономическую депрессию. Эти районы часто регрессируют до простого товарного хозяйства на селе, что поддерживает сезонную занятость и замедляет отток населения (кроме оттока молодежи на учебу и (или) работу). В Брестской области неконкурентными являются Ганцевичский, Дрогичинский и Столинский районы;

4) низкоэффективным конкурентным потенциалом (НКП). Эта группа включает АТЕ с выше среднего конкурентными возможностями, но средней или ниже текущей конкурентоспособностью. Это означает, что они не используют свои конкурентные возможности эффективно. Низкая производительность объясняется административными или другими нерыночными ограничения-

ми. Долгое пребывание в этой группе может привести к утрате конкурентных возможностей, так как ресурсы могут перейти в другие регионы. В Брестской области таких АТЕ не выявлено;

5) проблемным конкурентным потенциалом (ПКП). Эта группа включает АТЕ со средними или ниже конкурентными возможностями, но с высокой текущей конкурентоспособностью. Экономика таких АТЕ обычно зависит от 1–2 крупных производственных комплексов или особых условий ведения хозяйства. Утрата конкурентоспособности возникает, если меняются эти условия или падает спрос на продукцию этих комплексов, либо их финансовое состояние ухудшается. В долгосрочной перспективе такие АТЕ становятся "донорами" своих ресурсов, особенно человеческих, а проблемы крупных предприятий становятся проблемами всего района. Эти АТЕ нуждаются в повышении конкурентных возможностей (прежде всего, комфортности и привлекательности проживания и ведения бизнеса), иначе они переходят в группу со средним конкурентным потенциалом. В Брестской области к этой группе относятся Березовский, Жабинковский и Ивановский районы.

Конечная цель анализа – выработка управленческих решений, направленных на преодоление неэффективности, повышение конкурентных возможностей. Однако не все факторы поддаются прямому и целенаправленному регулированию. Например, нельзя перераспределить по АТЕ природные ископаемые (кроме как изменить границы АТЕ). Но можно регулировать факторы социального обеспечения в АТЕ.

В свете вышеприведенного вводится понятие достижимого конкурентного потенциала АТЕ как способность АТЕ производить определенный набор продукции, работ, услуг эффективнее в сравнении с другими АТЕ, соответствующую заданным целям развития и влиянию управляемых факторов эффективности. Его расчет требует выделить факторы, которые можно изменить действиями местных или республиканских властей. Важно, чтобы эти решения имели достаточное влияние на улучшение показателей конкурентности. Необходимо также заранее определиться с факторами, которые очень слабо влияют на конкурентный потенциал.

Решения органов власти никак не влияют на обеспеченность АТЕ природными ресурсами. Крайне ограничено, по нашему экспертному мнению, влияние решений органов власти на обеспеченность демографическим и инновационными ресурсами. Сильно ограничено влия-

ние органов власти на обеспеченность квалифицированными трудовыми ресурсами.

Из показателей текущей эффективности органы власти не влияют либо оказывают минимальное влияние на такие, например, показатели (использованы в методике расчета (Иванов, 2024)), как:

- экспорт на душу населения;
- поступление прямых иностранных инвестиций на душу населения;
- коэффициент устойчивости брака в АТЕ;
- грузооборот на 1 жителя АТЕ;
- пассажирооборот на 1 жителя АТЕ.

Расчет показателей достижимого потенциала основан на коэффициенте опережающего развития, определяемом как среднее отношений максимальных значений оцениваемых показателей с текущими их

значениями в АТЕ, скорректированное на коэффициент отставания АТЕ от эталона по показателям, на которые органы власти оказывают минимальное влияние.

Полная методика его определения и все расчеты для АТЕ области выполнены в (Иванов, 2024). В таблице 2 приводится только полученный результат.

Полученные значения указывают, во сколько раз (предельно) можно нарастить существующий конкурентный потенциал за счет внутренних ресурсов и повышения эффективности их использования, в том числе через решения местных органов власти. Если же значение ниже 1, достижимый конкурентный потенциал АТЕ лежит вне поля их влияния, и мы можем говорить лишь о повышении тех направлений (составляющих) потенциала территорий, по которым наблюдается наиболее существенное отставание от эталонного с одновременным

Таблица 2 – Оценка достижимого потенциала АТЕ

Table 2 – Assessment of the Achievable Potential of Administrative-Territorial Units (ATUs)

АТЕ области	Оценка
г. Брест	1,03
г. Барановичи	1,27
г. Пинск	1,52
Районы	
Барановичский	0,59
Березовский	1,03
Брестский	1,23
Ганцевичский	2,91
Дрогичинский	1,51
Жабинковский	0,54
Ивановский	0,52
Ивацевичский	2,44
Каменецкий	0,83
Кобринский	0,77
Лунинецкий	1,07
Ляховичский	3,91
Малоритский	3,47
Пинский	1,79
Пружанский	1,29
Столинский	5,20

повышением привлекательности проживания и бизнеса.

Так же важно отметить, что, хотя АТЕ с проблемным и малым конкурентным потенциалом должны иметь наибольшие значения достижимого конкурентного потенциала, это не всегда будет так за счет корректировки на коэффициент отставания АТЕ от эталона по показателям, на которые органы власти минимально влияют. Практически это значит, что часть проблемных регионов можно вывести в другие категории решениями местных властей, а часть потребуют иных мер и, возможно, специальных программ развития.

Выводы и предложения

Расчеты за 2011–2022 гг. показывают, что Столинский, Ляховичский и Малоритский районы могут значительно усилить свой конкурентный потенциал за счет интенсификации использования имеющихся природных и демографических ресурсов. Приоритетными для данных АТЕ направлениями развития являются обрабатывающая промышленность для местных ресурсов (сельскохозяйственного, минерального либо древесного сырья), развитие транспорта и торговли.

В Барановичском, Жабинковском, Ивановском, Каменецком и Кобринском районах достижимый потенциал по параметрам, управляемым решениями органов власти, находится на уровне ниже текущего, что означает высокую степень эффективности использования существующих конкурентных возможностей. При этом Барановичский и Каменецкий районы входят в зону обладания высоким конкурентным потенциалом, Кобринский – средним. Поэтому имеющийся задел по повышению текущей эффективности в этих районах к изменению положения, с точки зрения конкурентного потенциала, не приведет. Однако повышенного внимания требуют Жабинковский и Ивановский районы, как обладающие проблемным конкурентным потенциалом.

Общими для АТЕ с проблемным конкурентным потенциалом являются проблемы обеспеченности ресурсами (как правило, демографическими и трудовыми) для полученной в исследуемом периоде эффективности субъектов хозяйствования и более слабого развития видов экономической деятельности, чем в среднем по области. Как правило, в таких районах есть крупные знаковые промышленные предприятия (например, Жабинковский сахарный завод или ОАО «Белослод»), экономика которых и определяет конкурентоспособность всего района. И при этом другие предприятия имеют сильные ограничения в развитии, прежде всего, из-за относительно ма-

лых размеров районов, численности их населения.

Общим направлением решения проблем таких районов должно выступать развитие сферы услуг как ключевого фактора повышения привлекательности проживания. Еще одно направление – развитие экологического и познавательного туризма в данных АТЕ.

Помимо общих предложений, для каждого района могут разрабатываться частные предложения, учитывающие и (или) предлагающие для них иную специализацию видов экономической деятельности. Последняя определяется на основе коэффициентов локализации по объему производства и по среднесписочной численности работников. Методика расчета изложена в (Иванов, 2020а).

Березовский район является промышленным. Проблема конкурентного потенциала заключается в том, что его основу в промышленности составляют Березовская ГРЭС и ОАО «Березакерамика», объемы производства которых сильно колеблются. Особенно зависит работа электростанции от режима работы БелАЭС. Сложившаяся специализация – производство продуктов питания и прочих неметаллических продуктов, химическое производство, металлургическое производство (производство свинца и электролита для стартерных аккумуляторов). Сельское хозяйство недостаточно развито из-за того, что менее 50 процентов земли района занимают сельскохозяйственные земли, а пашня – всего 32 процента. При этом балльность почв достаточно высокая – 33,9 (на 2 балла выше оценки по области).

В связи с этим перспективными направлениями повышения конкурентного потенциала может быть развитие мясомолочного животноводства путем строительства молочно-товарных ферм (с автоматизированными доильными залами по типу «карусель»). Таким образом, будет расширяться сырьевая зона для Березовского мясоконсервного комбината. А также район может выступать местом создания кластера майнинговых ферм из-за наличия крупной электростанции с большим избытком генерации.

В рамках развития транспортной инфраструктуры предлагается модернизация грузовой станции Береза-Картузская для создания дополнительных мощностей по обработке контейнерных грузов в рамках реализации стратегического инфраструктурного проекта КНР «Нового шелкового пути» (Шимов и Быков, 2016).

Также район нуждается в улучшении обеспеченности социальной инфраструктурой, прежде всего, учре-

ждениями образования и кадрами для них – учителями.

Жабинковский район является агропромышленным, где 90 процентов объема промышленного производства сконцентрировано на трех промышленных предприятиях: ОАО «Жабинковский сахарный завод», ОАО «Жабинковский комбикормовый завод» и ОАО «Торфобрикетный завод «Гатча-Осовский», что и обуславливает проблему конкурентного потенциала. Сезонность производства и неритмичность поставок продукции существенно влияют на эффективность деятельности, кроме того, территория района невелика, что означает невозможность расширения посевных площадей или лесопосадки. Как текущая, так и перспективная специализация района заключается в следующих видах экономической деятельности: сельское хозяйство, горнодобывающая промышленность, производство сахара, производство готовых кормов и кормовых добавок, услуги по временному проживанию и питанию.

Решением проблемы конкурентного потенциала видим в развитии г. Жабинки, который является городом-спутником областного центра. Оно должно подразумевать не только предоставление участков для индивидуального жилищного строительства, но создание в городе-спутнике новых мест приложения труда [Вертинская, 2013]. Этот процесс может быть обеспечен в т. ч. и за счет выноса из областного центра, прежде всего, его центральной части ряда промышленных объектов. Перспективными территориями для размещения новых производственных зон являются свободные территории в северо-западном направлении от территории ОАО «Жабинковский сахарный завод» и в северо-восточном направлении на д. Путища.

Для стимулирования переселения брестчан в город-спутник необходимо строительство нескольких кварталов многоэтажного энергоэффективного жилья в г. Жабинке с объектами социальной инфраструктуры (детскими дошкольными и общеобразовательными учреждениями, также, вероятнее всего, понадобится новая поликлиника) и укрепления транспортной связи с областным центром, для чего предлагается запустить поезд городских линий.

Развитие города-спутника будет невозможным без строительства современных торговых и развлекательных объектов. Территория возле деревни Замшаны подходит для размещения такого торгово-развлекательного центра с гипермаркетом, фуд-кортами и т. д., в т. ч. потенциальным кинозалом, который будет обслуживать

не только жителей г. Жабинки, но и транзитных туристов.

Ивановский район является аграрным, где развито картофелеводство и овощеводство, что позволяет району балансировать на грани утраты конкурентного потенциала. Фактически промышленность района представлена только 1 предприятием – ОАО «Белсолод». Повышение конкурентного потенциала мы видим в форсированном развитии промышленности и сферы услуг на территории района. При этом предлагаемая специализация Ивановского района заключается в следующих видах экономической деятельности: сельское хозяйство, производство солода, производство пива, производство безалкогольных напитков, минеральных и других вод в бутылках, услуги по временному проживанию и питанию, творчество, развлечения и отдых.

На территории района имеются открытые стоянки древнего человека, сохранившиеся объекты «дуги Струве», что позволяет создать на территории района туристские аттракции.

Основные общие проблемы в АТЕ с малым конкурентным потенциалом заключаются в их аграрной специализации и в оттоке населения. Районы испытывают повышенный миграционный отток населения в близлежащие крупные города либо за рубеж из-за дефицита мест труда с устраивающей кандидатов зарплатой. Как следствие, идет отставание в заработной плате от среднеобластных значений и торможение развития сферы услуг, прежде всего, торговли. Чтобы сохранить работу объектов, собственники устанавливают более низкие расценки труда с установлением максимально возможных торговых надбавок, что ведет к более высокой стоимости проживания в сельской местности (в сравнении с городской без учета приусадебных хозяйств). Сказывается и естественное ограничение конкуренции – на небольшом рынке обычно оперируют одна или несколько компаний, что также негативно сказывается на ценах. А более высокие цены – стимул к отъезду с территории.

Для минимизации стоимости проживания население активно использует приусадебные участки, а также систему бартера, что снижает эффективность и в целом конкурентный потенциал.

Большинство из таких районов входят в состав территорий со сложным экономическим положением (ТСЭП). Ключевые причины такого положения обусловлены:

- малыми масштабами экономической деятельности в районах;

- высокой затратностью сельскохозяйственного производства;
- высокой стоимостью энергоресурсов;
- худшим транспортным доступом к основным рынкам сбыта и повышенными затратами на логистику;
- общей налоговой политикой, предусматривающей большое количество льгот для предприятий в сельской местности по местным налогам;
- вхождением ряда потенциальных крупных бюджетообразующих предприятий ТЭС в СЭЗ «Брест»;
- неразвитостью сферы туризма и досуга;
- неразвитостью сферы торговли.

Часто к проблемам малого масштаба деятельности добавляются и более специфичные. В частности, налоговые стимулы, которые часто снижают доходную часть местных бюджетов и, как следствие, ограничивают рост зарплат в общественном секторе экономики. Чтобы разорвать порочный круг, следует развивать виды деятельности, отличные от сложившейся специализации. Кроме того, такие районы следует рассматривать в первую очередь при реализации крупных инфраструктурных проектов либо пилотных с точки зрения новизны технологий и бизнес-процессов, т. к. последние задают основу для развития общего экономического потенциала территории.

Для решения проблемы малого конкурентного потенциала можно предложить следующие общие направления. Сельскохозяйственные организации данных районов должны привлекаться в первоочередном порядке к реализации инициатив по созданию в них замкнутых циклов производства, развитию альтернативных источников возобновляемой энергии (ветропарки и т. д.), что потребует внедрение заявительного принципа на подключение данных источников к сети общего пользования при условии наличия устройств диспетчеризации и контроля тока. Они также могут быть пилотными в части реализации проектов по цифровизации и роботизации сельскохозяйственного производства, что позволит привлечь в районы высококвалифицированных специалистов.

Сфера услуг в таких АТЕ может быть пилотной в части испытания роботизированных комплексов. Например, розничная торговля в сельских населенных пунктах и малых городах может быть представлена в основном не автолавками, а модульными автоматизированными магазинами, работающими без продавцов и грузчиков. Да и сами автолавки могут быть переведены на элек-

трогрузовые платформы и автоматизированы в части розничных продаж.

Для решения проблемы сложного экономического положения необходима реализация инвестиционных проектов, направленных на создание производств, услуг с высоким уровнем добавленной стоимости и оплаты труда, относящихся к 4–5-му технологическому укладу, т. к. развитие данных территорий должно носить опережающий, а не догоняющий характер (Слонимская, Слонимский, 2016).

Специализация Ганцевичского района заключается в следующих видах экономической деятельности: сельское хозяйство, производство резиновых и пластмассовых изделий, прочих неметаллических минеральных продуктов. Перспективными направлениями являются горнодобывающая промышленность, производство безалкогольных напитков, минеральных и других вод в бутылках, услуги по временному проживанию и питанию, творчество, развлечения и отдых.

Территория данного района должна стать приоритетной для размещения пилотных проектов по организации производства панелей энергоэффективных домов, добыче торфа и сапропелей.

Специализация Дрогичинского района в настоящее время заключается в таких видах экономической деятельности, как сельское хозяйство, производство продуктов питания, напитков и табачных изделий, производство основных фармацевтических продуктов и фармацевтических препаратов, производство прочих готовых изделий; ремонт, монтаж машин и оборудования. Она же и предполагается к сохранению в будущем. Территория района может рассматриваться в качестве приоритетной для создания кластера фармацевтических производств и привлечения инвесторов в этот вид деятельности с созданием исследовательских и испытательных лабораторий, в т. ч. для сертификации готовой продукции по стандартам ЕС.

В Столинском районе основными видами экономической деятельности (специализацией) являются сельское хозяйство, производство продуктов питания, напитков и табачных изделий, горнодобывающая промышленность. В рамках развития специализации проектами повышения конкурентного потенциала могут быть: выращивание клюквы и голубики, создание современного производства замороженных полуфабрикатов, освоение месторождения кварцевых песков «Городное», производство строительных изделий на основе серосо-

державных материалов либо отходов добычи гравия при условии разработки и промышленной адаптации соответствующих технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Берченко, Н.Г. и Костерова, Р.Я. (2004). Экономический потенциал региона: теория и практика измерения, *Белорусская экономика: анализ, прогноз, регулирование*, № 5, С. 28–38.

Богданович, А.В. (2011). Конкурентоспособность регионов и вопросы ее оценки. *Белорусский экономический журнал*, № 4, С. 43–49.

Богданович, А.В. (2012). *Особенности специализации регионов Республики Беларусь. Региональная экономическая политика, ее направления и механизмы реализации*. Минск: БГЭУ, Республика Беларусь.

Богданович, А.В. (2016). Региональные особенности формирования первичного звена АТУ Республики Беларусь. *Экономический бюллетень Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь*, № 11, С. 59–67.

Вертинская, Т.С., Богданович, А.В., Булко, О.С., Кельник, А.В., Коледа, О.А., Ван Цзюнь и Булавицкая, М.Г. (2013). *Концептуальная модель развития городов-спутников Минска*. Минск: Беларуская навука, Республика Беларусь.

Гришина, И.В. и Полюнев, А.О. (2024). Региональные особенности реакции на глобальный кризис, *Российский внешнеэкономический вестник*. Москва, (10), С. 62–76. DOI: 10.24412.2072-8042-2020-10102.

Иванов, М.Б. (2020). Методические подходы к оценке потенциала и концептуальные предложения по кластеризации в АТЕ Брестской области. *Экономический бюллетень Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь*, № 1, С. 48–56.

Иванов, М.Б. (2020). Оценка конкурентных возможностей базовых административно-территориальных единиц, *Вестник Беларускага дзяржаўнага эканамічнага ўніверсітэта*, № 3, сс. 13–22.

Иванов, М.Б. (2024). Методические подходы к оценке конкурентного потенциала АТЕ и направлений его развития (на примере Брестской области), *Вестник Брестского государственного технического университета*, (2)(134), С. 174–180. DOI: <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2024-134-2-174-180>.

Полюнев, А.О. (2020). Эффективность изменения территориальных пропорций в экономике России, *Российский внешнеэкономический вестник*. Москва, (2), С. 93–106. DOI: 10.24412.2072-8042-2020-00020.

Рубин, Ю.Б. (2004). *Теория и практика предпринимательской конкуренции*. Москва: ООО «Маркет ДС Кориорейнш», Российская Федерация.

Слонимская, М.А., Слонимский, А.А. (2016). Генерация знаний и распространение инноваций в сетевых моделях технологических взаимодействий, *Экономический бюллетень Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь*, № 11, С. 4–19.

Спартак, А.Н. (2024). Экономический потенциал и планы развития Китая в контексте российско-китайского сотрудничества. *Российский внешнеэкономический вестник*, (7), С. 7–25. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2024-7-7-25>.

Четверикова, А.С. (2024). Изменение конкурентоспособности ЕС, *Российский экономический журнал*. № 3. С. 38–51. https://doi.org/doi:10.52210/01309757_2024_3_38.

Шимов, В.Н., Александрович, Я.М., Богданович, А.В., Крюков, Л.М., Рогач, П.И. и Соколовский, Н.К. (2005). *Национальная экономика Беларуси: Потенциалы. Хозяйственные комплексы. Направления развития. Механизмы управления*. Минск: БГЭУ, Республика Беларусь.

Шимов, В.Н. и Быков А.А. (2016). «Экономический пояс Шелкового пути» как транспортный маршрут и глобальный проект развития, *Белорусский экономический журнал*, № 2, С. 4–14.

REFERENCES

- Berchenko, N.G., Kosterova, R.Ya. (2004). Economic Potential of the Region: Theory and Practice of Measurement [Ekonomicheskiy potentsial regiona: teoriya i praktika izmereniya], *Belorusskaya ekonomika: analiz, prognoz, regulirovanie = Belarusian Economy: Analysis, Forecast, Regulation*, No. 5, pp. 28–38 (In Russian).
- Bogdanovich, A.V. (2011). Regional Competitiveness and Its Assessment [Konkurentosposobnost' regionov i voprosy ee otsenki], *Belorusskiy ekonomicheskiy zhurnal = Belarusian Economic Journal*, No. 4, pp. 43–49 (In Russian).
- Bogdanovich, A.V. (2012). *Specialization Features of the Regions of the Republic of Belarus. Regional Economic Policy, Its Directions, and Implementation Mechanisms* [Osobennosti spetsializatsii regionov Respubliki Belarus. Regionalnaya ekonomicheskaya politika, ee napravlenii i mekhanizmy realizatsii]. Minsk: BSEU, Republic of Belarus (In Russian).
- Bogdanovich, A.V. (2016). Regional Characteristics of the Formation of the Primary Level of Administrative-Territorial Units in the Republic of Belarus [Regionalnye osobennosti formirovaniya pervichnogo zvena ATU Respubliki Belarus], *Ekonomicheskiy byulleten Nauchno-issledovatel'skogo ekonomicheskogo instituta Ministerstva ekonomiki Respubliki Belarus Economic = Bulletin of the Research Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus*, No. 11, pp. 59–67 (In Russian).
- Vertinskaya, T.S., Bogdanovich, A.V., Bulko, O.S., Kelnik, A.V., Koleda, O.A., Wang Jun and Bulavitskaya, M.G. (2013). *Conceptual Model of the Development of Minsk's Satellite Cities* [Kontseptual'naya model' razvitiya gorodov-sputnikov Minska]. Minsk: Belaruskaya navuka, Republic of Belarus (In Russian).
- Grishina, I.V., and Polynev, A.O. (2024). Regional Specifics of Responses to the Global Crisis [Regionalnye osobennosti reaksii na globalny krizis], *Russian Foreign Economic Bulletin = Rossiyskiy vneshneekonomicheskiy vestnik*, Moscow, (10) pp. 62–76. DOI: 10.24412.2072-8042-2020-10102 (In Russian).
- Ivanov, M.B. (2020). Methodological Approaches to Assessing the Potential and Conceptual Proposals for Clustering in the Administrative-Territorial Units (ATU) of Brest Region [Metodicheskie podkhody k otsenke potentsiala i kontseptual'nye predlozheniya po klasterizatsii v ATE Brestskoy oblasti], *Ekonomicheskiy byulleten Nauchno-issledovatel'skogo ekonomicheskogo instituta Ministerstva ekonomiki Respubliki Belarus Economic = Bulletin of the Research Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus*, No. 1, pp. 48–56 (In Russian).
- Ivanov, M.B. (2020). Assessment of the Competitive Opportunities of Basic Administrative-Territorial Units [Otsenka konkurentnykh vozmozhnostey bazovykh administrativno-territorial'nykh edinits], *Vestnik Belaruskaga dzyarzhavnaga ekanamichnaga universiteta = Vestnik of Belarusian State Economic University*, No. 3, pp. 13–22.
- Ivanov, M.B. (2024). Methodological Approaches to Assessing the Competitive Potential of ATU and Directions for Its Development (on the Example of Brest Region) [Metodicheskie podkhody k otsenke konkurentnogo potentsiala ATE i napravleniy ego razvitiya (na primere Brestskoy oblasti)], *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of Brest State Technical University*, (2(134), pp. 174–180 (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2024-134-2-174-180>.
- Polynev, A.O. (2020). The Effectiveness of Changing Territorial Proportions in the Russian Economy [Effektivnost izmeneniya territorialnykh proporcii v ekonomike Rossii], *Russian Foreign Economic Bulletin = Rossiyskiy vneshneekonomicheskiy vestnik*, Moscow, (2), pp. 93–106. DOI: 10.24412.2072-8042-2020-00020 (In Russian).
- Rubin, Yu.B. (2004). *Theory and Practice of Entrepreneurial Competition: Textbook, 4th Edition, Revised and Expanded* [Teoriya i praktika predprinimatel'skoy konkurentsii]. Moscow: LLC Market DS Corioreinsh, Russian Federation (In Russian).
- Slonimskaya, M.A. and Slonimsky, A.A. (2016). Generation of Knowledge and Dissemination of Innovations in Network Models of Technological Interactions [Generatsiya znaniy i rasprostranenie innovatsiy v setevykh modelyakh tekhnologicheskikh vzaimodeystviy], *Ekonomicheskiy byulleten Nauchno-issledovatel'skogo ekonomicheskogo instituta Ministerstva ekonomiki Respubliki Belarus Economic = Bulletin of the Research Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus*, No. 11, pp. 4–19 (In Russian).

Spartak, A.N. (2024). China's Economic Potential and Development Plans in the Context of Russian-Chinese Cooperation [Ekonomicheskij potentsial i plany razvitiya Kitaya v kontekste rossiysko-kitayskogo sotrudnichestva], *Russian Foreign Economic Bulletin = Rossiyskiy vneshneekonomicheskij vestnik*, Moscow, (7), pp. 7–25. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2024-7-7-25> [In Russian].

Chetverikova, A.S. (2024). Change of the EU competitiveness [Izmenenie konkurentosposobnosti ES], *Rossiyskiy ekonomicheskij zhurnal = Russian Economic Journal*, (3) pp. 38–51 [In Russian]. https://doi.org/DOI: 10.52210/0130-9757_2024_3_38.

Shimov, V.N., Aleksandrovich, Ya.M., Bogdanovich, A.V., Kryukov, L.M. , Rogach, P.I. and Sokolovsky, N.K. (2005). *National Economy of Belarus: Potentials. Economic Complexes. Development Directions. Management Mechanisms: Textbook, ed. V.N. Shimov* [Natsional'naya ekonomika Belarusi: Potentsialy. Khozyaystvennye komplekcy. Napravleniya razvitiya. Mekhanizmy upravleniya]. Minsk: BSEU, Republic of Belarus [In Russian].

Shimov, V.N. and Bykov, A.A. (2016) «Silk Road Economic Belt» as a Transport Route and a Global Development Project [«Ekonomicheskij poyas Shelkovogo puti» kak transportnyy marshrut i global'nyy projekt razvitiya], *Belorusskiy ekonomicheskij zhurnal = Belarusian Economic Journal*, No. 2, pp. 4–14 [In Russian].

Информация об авторах

Information about the authors

Иванов Максим Борисович

Аналитик, Белорусский институт стратегических исследований. Отделение по Брестской области, Республика Беларусь.
E-mail: ivanov@bisr.by, storm-tlk@mail.ru

Maxim B. Ivanov

Analyst, Belarusian Institute for Strategic Researches. Brest Regional Division, Republic of Belarus.
E-mail: ivanov@bisr.by, storm-tlk@mail.ru

Бизнес-модель субъектов молодежного предпринимательства: концептуальные основы построения, особенности, эмпирические оценки

В. В. Мирончик,
Е. В. Ванкевич

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Аннотация. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью поддержки и развития молодежного предпринимательства как ключевого фактора экономического роста и социальной стабильности. Изучение бизнес-моделей в контексте молодежного предпринимательства позволяет выявить уникальные особенности и тенденции, присущие этой группе предпринимателей. Понятие бизнес-модели и ее составляющие играют важную роль в исследованиях предпринимательства. В современной литературе существуют различные понятия бизнес-моделей, однако единая точка зрения не сформирована. Отсутствие единого теоретического подхода к пониманию сущности бизнес-модели обуславливает трудности в их изучении и оценке, поэтому представляется правомерным провести анализ существующих подходов для формирования авторского определения бизнес-модели в молодежном предпринимательстве.

Цель данной работы заключается в комплексном анализе бизнес-моделей, используемых субъектами молодежного предпринимательства, и в углубленном понимании факторов, влияющих на их построение.

Разработаны теоретические подходы к пониманию бизнес-модели молодежного предпринимательства, выделены его особенности, ключевыми элементами которой являются: инновационные подходы, использование современных технологий, гибкость и адаптивность. Исследована сущность организационной культуры, выявлены подходы к ее диагностике, разработана и апробирована авторская методика диагностики организационной культуры на основе экспертного опроса. В результате опроса выявлены особенности организационной культуры молодежного предпринимательства и ее отличия от корпоративного управления. Опрос позволяет убедиться, что организационная культура играет важную роль в компаниях любого размера. Правомерно сказать, что организационная культура в субъектах молодежного предпринимательства имеет свои отличительные черты по сравнению с традиционной бизнес-моделью корпоративного управления. Эти отличия проявляются в таких аспектах, как гибкость и скорость принятия решений, отношение к рискам, стиль лидерства, а также в определении целей и ценностей компании. Молодые предприниматели часто создают более динамичную и адаптивную организационную культуру, которая позволяет быстро реагировать на изменения рынка и внедрять инновации.

Ключевые слова: молодежь, предпринимательство, корпоративное управление, организационная культура.

Информация о статье: поступила 24 августа 2024 года.

Business model of youth entrepreneurship entities: conceptual foundations, features, and empirical assessments

Vladislav V. Mironchik, *Vitebsk State Technological University,*
Alena V. Vankevich *Republic of Belarus*

Abstract. The relevance of this topic stems from the need to support and develop youth entrepreneurship as a key factor of economic growth and social stability. The study of business models within the context of youth entrepreneurship enables the identification of unique features and trends inherent to this group of entrepreneurs. The concept of a business model and its components plays a significant role in entrepreneurship research. In contemporary literature, various concepts of business models exist, but a unified perspective has yet to be established. The lack of a unified theoretical approach to understanding the essence of a business model creates difficulties in their study and evaluation. Hence, it is legitimate to analyze existing

approaches to form an author's definition of a business model in youth entrepreneurship.

The purpose of this paper is to comprehensively analyze the business models employed by youth entrepreneurship subjects and to gain in-depth understanding of the factors affecting their construction.

Theoretical approaches to understanding the business model of youth entrepreneurship are developed, highlighting its features, which include the following elements: innovative approaches, the use of modern technologies, flexibility and adaptability. The essence of organizational culture is examined, approaches to its diagnostics are revealed, and the author's methodology for organizational culture diagnostics based on expert surveys is developed and tested. As a result of the survey the peculiarities of organizational culture of youth entrepreneurship and its differences from corporate management are identified. The survey confirms that organizational culture plays an important role in companies of any size. It is accurate to state that organizational culture in youth entrepreneurship entities has distinctive features compared to the traditional business model of corporate governance. These differences manifest in aspects such as flexibility and speed of decision-making, attitude towards risk, leadership style, and the definition of the company's goals and values. Young entrepreneurs often create a more dynamic and adaptive organizational culture that allows them to respond quickly to market changes and innovate.

Keywords: youth, entrepreneurship, corporate management, organizational culture.

Article info: received August 24, 2024.

Введение

Молодежное предпринимательство становится все более значимым направлением в современной экономике, привлекая все больше молодых и амбициозных людей, стремящихся реализовать свои идеи и создать успешный бизнес. Для субъектов молодежного предпринимательства, которые часто сталкиваются с уникальными вызовами и ограничениями, выбор и разработка эффективной бизнес-модели приобретают особую важность.

Такая постановка цели обусловила необходимость реализации следующих задач: усовершенствовать теоретические подходы к пониманию бизнес-моделей молодежного предпринимательства; выявить отличия бизнес-модели молодежного предпринимательства от корпоративного управления; определить сущность организационной культуры в бизнес-модели молодежного предпринимательства, разработать и апробировать методический подход для ее диагностики.

Теоретические подходы к пониманию бизнес-моделей молодежного предпринимательства

Обобщение рассмотренных подходов к описанию бизнес-моделей позволяет сделать вывод, что все они так или иначе описывают внутренние переменные организации с различной степенью детализации. Особенности молодежной бизнес-модели в них не учитываются. Рассмотренные подходы не позволяют классифицировать бизнес-модели и выделить их различия в зависимости от размера организации. Указанные обстоятель-

ства подтверждают необходимость четкого определения сущности бизнес-модели молодежного предпринимательства, что позволит разработать концептуальный подход к его анализу и поддержке.

Анализ рассмотренных подходов позволил сформулировать авторское определение бизнес-модели молодежного предпринимательства как упрощенную алгоритмизированную конструкцию бизнеса, в основе которой – особенности его внутренних переменных (целеполагание, формулировки задач, технология, структурное построение, кадровое обеспечение и организационная культура), ясно выраженные конкурентные преимущества и соответствующий им набор управленческих технологий и решений для создания стоимости, реализуемая молодыми людьми в возрасте 15–29 лет в форме малого и среднего предпринимательства.

Бизнес-модель описывает способ, с помощью которого компания создает и доставляет ценность для своих клиентов. Бизнес-модель определяет основные элементы бизнеса, такие как целевая аудитория, предлагаемые продукты или услуги, каналы распространения, источники доходов и т. д.

Бизнес-модель молодежного предпринимательства может быть описана с помощью функций, процессов, входов и выходов.

Основными процессами бизнес-модели молодежного предпринимательства являются:

– выявление бизнес-идей (молодые предприниматели генерируют или выявляют возможности для бизнеса,

основанные на своих интересах, навыках или рыночных потребностях);

- формирование ресурсов (рабочее пространство, оборудование и экспертиза, чтобы запустить и развивать свой бизнес, финансирование);

- создание сети контактов и партнерств (налаживание связей с потенциальными клиентами, партнерами, наставниками и другими заинтересованными сторонами);

- маркетинг и продажи (содействие бизнесу среди целевой аудитории и создание эффективных стратегий продаж для получения прибыли);

- управление операциями (обеспечение ежедневного функционирования бизнеса, включая управление персоналом, операционные процессы, логистику и обслуживание клиентов).

Общими функциями в бизнес-модели молодежного предпринимательства являются:

- планирование (разработка цели и бизнес-плана, определение ключевых показателей эффективности (KPI), формулирование задач);

- организационная деятельность (решение административных вопросов, включая создание юридического лица, регистрацию бизнеса и начало операций, организационное построение);

- мотивация;

- контроль (постоянный мониторинг и управление бизнесом, регулярная оценка эффективности бизнеса и внесение необходимых коррективов для улучшения результатов).

К специфическим функциям в бизнес-модели молодежного предпринимательства относятся финансовое управление, управление персоналом, адаптация к рыночным условиям, принятие стратегических решений.

Бизнес-модель молодежного предпринимательства следует рассматривать как открытую систему, поэтому правомерно выделить в ней входы и выходы.

К входам в систему бизнес-модели молодежного предпринимательства относятся:

- ресурсы: материальные – недвижимость, сырьё, инвентарь, оборудование; интеллектуальные – патенты, торговая марка, исследования и разработки; финансовые – стартовый капитал, кредиты, денежные средства, инвестиции; информационные – данные о клиентах, конкурентах, внутренние данные о процессах производительности и эффективности; трудовые – персонал и его характеристики;

- личные качества предпринимателя: мотивация, настойчивость, креативность, навыки решения проблем и другие предпринимательские компетенции, необходимые для преодоления препятствий, с которыми сталкиваются молодые предприниматели.

Выходами бизнес-модели можно считать:

- товар (услугу);

- финансовое положение;

- доля рынка;

- репутация и бренд.

Реализация бизнес-модели молодежного предпринимательства в таком понимании имеет многогранные результаты как для отдельных граждан, так и для национальной экономики в целом. К основным результатам правомерно отнести:

- успешный бизнес (финансово устойчивое и растущее предприятие, которое приносит прибыль, платит налоги и создает рабочие места);

- личное развитие (молодые предприниматели приобретают опыт и ценные навыки, такие как лидерские, управленческие, финансовая грамотность и умение решать проблемы);

- воздействие на общество (создание инновационных продуктов, услуг или решений, которые могут решать социальные проблемы или удовлетворять потребности сообщества, содействовать патриотическому воспитанию молодежи);

- создание рабочих мест (возможность трудоустройства для других молодых людей или членов сообщества);

- экономическое развитие (вклад в экономику через создание рабочих мест, увеличение налоговых поступлений и стимулирование экономической активности в регионе).

Отличия бизнес-модели молодежного предпринимательства от корпоративного управления.

Основы корпоративного управления заложены в трудах М. Вебера, Ч. Барнарда, А. Файоля и Р. Лайкерта (Холл, 2001). Корпоративное управление – это система управления компанией, которая включает в себя структуры, процессы и практики, направленные на обеспечение эффективности, прозрачности и ответственности в принятии решений. Основная цель корпоративного управления – защита интересов участников и обеспечение устойчивого развития компании, как правило, крупного размера.

Корпоративное управление по М. Веберу строится на принципах рациональной бюрократии (Вебер, 2017),

в основе которой лежит четкое разделение труда, разработанная иерархия полномочий, ассоциативное взаимодействие и управление по четко сформулированным правилам и процедурам. Определение рациональной бюрократии М. Вебера стало основой для структурного построения корпоративных бизнес-моделей, которые в менеджменте относятся к классическим организационным структурам управления.

Классическую теорию организации рассматривал А. Файоль (Грошева Е.К. и Чуприна А.Д., 2021), он предложил 14 принципов организации, объединенных в 3 подгруппы: структурные принципы (разделение труда, единство цели и руководства, соотношение централизации и децентрализации, власть и ответственность, цель), принципы процесса (справедливость, дисциплина, вознаграждение персонала, единство команд, подчинение главному интересу) и принципы конечного результата (порядок, стабильность и инициатива). Однако классическая теория организации, разработанная А. Файолем, имеет несколько ограничений. Ученый утверждал, что его принципы организации универсальны и применимы к любому типу организации. Однако на практике каждая организация уникальна и требует индивидуального подхода к управлению. Также Файоль делает акцент на иерархии, правилах и формальных процедурах, что может привести к чрезмерной бюрократизации и снижению гибкости организации. В классической теории не уделяется достаточного внимания инновациям и творческому подходу к решению проблем. В современном мире организации должны поощрять инновации и экспериментирование, чтобы оставаться конкурентоспособными.

Р. Лайкерт считал эффективной ту организацию, которая концентрируется на создании эффективной рабочей группы и благоприятной рабочей среды, в которой сотрудники вовлечены в процесс принятия решений, имеют четкие цели и чувствуют свою значимость в организации. Это приводит к повышению мотивации и производительности труда (Мильнер, 2002).

Таким образом, бизнес-модель корпоративного управления отличается от модели молодежного предпринимательства. Как представляется, основные отличия состоят в следующем:

1) размер – бизнес-модель корпоративного управления применяется в крупных компаниях с большим числом сотрудников, сложной организационной структурой, в то время как молодые предприниматели обычно на-

чинают свой бизнес с небольшой командой или даже в одиночку;

2) адаптивность, гибкость – молодые предприниматели часто ориентированы на инновации и готовы быстро изменять свои виды деятельности в соответствии с рыночными требованиями, в то время как корпорации могут быть более консервативными и медленными в принятии решений;

3) организационная культура – корпоративное управление характеризуется более формальной и иерархичной организационной культурой с четкими правилами и процедурами, в то время как молодежному предпринимательству более присущи неформальность, гибкость, креативность и готовность к риску;

4) степень формализации в структурном построении организации – молодые предприниматели часто создают свои компании на основе своих личных ценностей и убеждений, в то время как корпорации имеют формализованную организационную структуру;

5) ресурсы – корпорации обычно имеют доступ к большим финансовым ресурсам и могут привлекать крупные инвестиции на рынке капитала, в то время как молодые предприниматели часто начинают свой бизнес с ограниченными средствами и могут зависеть от собственных сбережений или кредитов;

6) разделение труда и специализация в управлении – в корпоративной бизнес-модели труд работников (в том числе управленческих) четко разделен и закреплен в должностных инструкциях, а в предпринимательской бизнес-модели управленческие задачи могут быть объединены и не иметь четкого документального закрепления;

7) отношение к рискам – корпорации обычно имеют более развитые системы управления рисками и контроля, в то время как молодые предприниматели могут быть более склонны к принятию рисков и экспериментам.

В целом, бизнес-модель молодежного предпринимательства имеет свои уникальные особенности и отличия в подходах к управлению бизнесом (таблица 1).

Главные отличия бизнес-модели корпоративного управления от бизнес-модели молодежного предпринимательства состоят в структурном построении организации и организационной культуре. Если в корпоративной бизнес-модели организационная структура управления имеет четкую скалярную цепь, иерархию, разделение задач и распределение ответственности, то в бизнес-модели молодежного предпринимательства

Таблица 1 – Различия бизнес-моделей корпоративного управления и молодежного предпринимательства
 Table 1 – Differences between business models of corporate governance and youth entrepreneurship

Показатели	Корпоративное управление	Предпринимательство	Молодежное предпринимательство
Размер	Средние и крупные организации	Индивидуальные предприниматели, микро-, малые и средние организации	Индивидуальные предприниматели, микро-, малые и средние организации лиц в возрасте 15–29 лет
Адаптивность, гибкость	Структура и формализованность	Мобильность	Гибкость и адаптивность
Организационная культура	Формализованность	Сочетание формализации с неформальным общением	Неформальность
Степень формализации в структурном построении организации	Иерархия и делегирование	Баланс между формализацией и гибкостью	Самостоятельность и автономность
Ресурсы	Крупный размер организации по численности занятых и производственной мощности	Крупный, средний, малый и микро-размер организации по численности занятых и производственной мощности	Микро-, малый и средний размер организации по численности занятых и производственной мощности
Разделение труда и специализация в управлении	Четкое разделение труда	Как правило, присутствует четкое разделение труда	Функции отделов могут быть не разделены
Отношение к рискам	Управление рисками	Нивелирование рисков	Отношение к рискам может быть неуправляемым, спонтанным

Источник: собственная разработка.

она может этих характеристик не содержать, а строиться на горизонтальных взаимодействиях участников, ориентированных на общие цели без жесткой регламентации задач и доли ответственности. Такое структурное построение только на первый взгляд легче. В реальности оно может быть эффективным только при поддержке организационной культуры.

Поэтому в бизнес модели молодежного предпринимательства значение и принципы формирования организационной культуры имеют первостепенную роль, а сама организационная культура в бизнес-модели молодежного предпринимательства отличается от организационной культуры в бизнес-модели корпоративного управления. Но для понимания эффективных форм ее формирования в молодежном предпринимательстве необходимо иметь четкое определение сущности орга-

низационной культуры, ее показателей и методов диагностики.

Сущность и диагностика организационной культуры в бизнес-модели молодежного предпринимательства

В экономической и бизнес-литературе существует большое количество подходов к определению организационной культуры, которые, как правило, не противоречат друг другу, а только дополняют ее понимание различными компонентами и факторами.

Э. Шейн в своей работе (1992) определяет культуру организации как совокупность базовых коллективных идей, которые обретает группа, решая те или иные проблемы адаптации к изменениям внешней и внутренней среды. Он пришел к выводу, что организационную структуру можно изучать на трех уровнях: на поверхностном (т.е. все ее видимые проявления), на внутрен-

нем (критерии оценки сотрудников, девизы и пр.), и на глубинном уровне (базовые представления, составляющие сущность культуры). Такие уровни, как правило, оценивают поведенческие изменения в организации (Шейн, 2002).

Американский социолог Ч. Хэнди предложил свою классификацию типов организационной культуры, которая основывается на анализе системы распределения власти, полномочий и ответственности. Он выделял следующие типы культуры организации: власти, роли, задачи и личности (Семенов, 2006; Барков, 2009). По мнению Ч. Хэнди, в одной организации в процессе ее эволюции можно проследить все типы культур. Так, на стадии зарождения преобладает культура власти, на стадии роста – культура роли, на стадии развития может формироваться культура задачи или культура личности. На стадии распада может быть использован любой из четырех типов культур.

Р. Акофф анализировал культуру организаций как отношения власти в группе или организации. Для исследования он выделил два параметра: степень привлечения работников к установлению целей в группе/организации и степень привлечения работников к выбору средств для достижения поставленных целей, в соответствии с которыми обосновано наличие четырех типов организационной культуры (таблица 2).

Такой подход предлагает глубокое понимание разнообразия организационных культур и того, как власть и участие работников могут формировать уникальные характеристики каждой организации.

Голландский социальный психолог Г. Хофштеде предложил свой вариант многофакторной типоло-

гии организационной культуры. В ее основу положено четыре ключевых факторных модели ценностей: 1) индивидуализм – коллективизм; 2) дистанция власти – отражает стиль управления организацией; 3) избегание неопределенности – отражает предпочтение в отношении структуры и свободы в профессиональной среде; 4) мужественность – женственность (акцент на задачах, конкуренции и материальном успехе или на сотрудничестве, благоприятной рабочей атмосфере и взаимопомощи).

Анализ организационной культуры по этой методике затруднен из-за отсутствия эмпирических данных, а в случае проведения опроса – субъективности трактования предлагаемых автором показателей.

Понятие организационной культуры изучали и российские авторы (таблица 3).

Таким образом, рассматривая различные подходы к понятию организационной культуры, можно сделать вывод: организационная культура является фундаментальным аспектом любой организации, который влияет на поведение работников, эффективность работы организации, формирует специфическую среду, в которой работают сотрудники. Учитывая рассмотренные подходы, правомерно сформулировать авторское определение организационной культуры как комплекса разделяемых ценностей, убеждений, норм и ритуалов, которые формируют уникальную идентичность организации и влияют на поведение, восприятие, мотивацию, удовлетворенность работой, эффективность коммуникации и действия сотрудников, определяя приемлемый способ решения проблем и адаптации к внешней среде. Это, в свою очередь, влияет на успех организации в достиже-

Таблица 2 – Типология организационной культуры Р. Акоффа

Table 2 – R. Ackoff's typology of organizational culture

Тип культуры	Степень привлечения работников к установлению целей	Степень привлечения работников к выбору средств для достижения поставленных целей
Корпоративный	низкая	низкая
Консультативный	высокая	низкая
«Партизанский»	низкая	высокая
Предпринимательский	высокая	высокая

Источник: (Шейн, 2002).

Таблица 3 – Определение организационной культуры российскими авторами

Table 3 – Definition of organizational culture by Russian authors

Виханский О.С., Наумов А.И.	«Организационная культура – это набор наиболее важных предположений, принимаемых членами организации и получающих выражение в заявляемых организацией ценностях, задающих людям ориентиры их поведения и действий» [Согачева, 2011, с. 164].
Красовский Ю.Д.	«Организационная культура представляет специфическую совокупность норм, ценностей, убеждений, верований, мифов ритуалов, санкций, ожиданий, привычек, которые предопределяют поведение работников и которые отличают их от любой другой организации» [Согачева, 2011, с. 164].
Семёнов Ю.Г.	«Организационная культура – это самовоспроизводящаяся, существующая на уровне коллективного сознания и имманентно присущая организации система социально допустимых моделей, образцов внутригрупповой жизнедеятельности (формальных и неформальных правил и норм делового поведения, коллективно разделяемых ценностей, моральных принципов, обычаев и традиций)» [Семенов, 2006, с. 72].
Барков С.А.	«Организационная культура – это культура организации как института, т.е. это предельно широкое понятие. В нее входят культурные ценности, вырабатываемые организацией во внешней среде (стереотипы поведения, обычаи и традиции, духовные ценности) на основе создания специфических внешних нематериальных активов – брендов, имиджа и репутации» [Барков, 2009, с. 85].

Источник: [Согачева, 2011, Семенов, 2006 и Барков, 2009].

нии её целей. Организационная культура играет важную роль в эффективном и успешном функционировании организации. Исследователи единодушны во мнении, что организационная культура – это совокупность базовых ценностей, тенденций, норм поведения, которые влияют на все бизнес-процессы организации, на формы взаимодействия внутри организации и во внешней среде. Поэтому формирование организационной культуры является важным этапом для становления бизнес-модели молодежного предпринимательства.

Основными функциями, которые выполняет организационная культура в бизнес-модели молодежного предпринимательства, являются:

- формирование общего видения и целей (создание понимания того, к чему стремится организация и ориентиров для принятия решений и определения ее стратегического направления);
- укрепление командного духа и сотрудничества (создание атмосферы взаимного уважения, доверия и открытости, что приводит к инновациям, творческому мышлению и повышению производительности);
- стимулирование инноваций и творчества (создание атмосферы, в которой ценятся новые идеи, экспери-

ментирование и риск, что увеличивает шанс разработки уникальных продуктов, услуг или бизнес-моделей);

- развитие лидерских качеств (поощрение инициативности, самостоятельности и ответственности);
- обеспечение устойчивости и долгосрочного успеха (развитие этичного и ответственного подхода к ведению бизнеса, что укрепляет репутацию и доверие со стороны клиентов, партнеров и инвесторов).

Наиболее распространенными в современной практике методами формирования организационной культуры являются:

- административные методы (закрепление принципов, стандартов, норм и правил поведения с помощью административно оформленных документов – например, кодекс организационной культуры, положение об организационной культуре и т. п.);
- психологические методы (личный пример, групповое давление, влияние, заражение, подражание, научение);
- символические методы (символы, лозунги, логические и смысловые ассоциации культурных форм).

Учитывая высокий уровень значимости организационной культуры в формировании и развитии биз-

нес-модели молодежного предпринимательства, первоочередной задачей становится объективная оценка организационной культуры, выявление уровня ее развития в организации для разработки обоснованных мер по ее укреплению.

Для изучения организационной культуры в современной литературе предлагается ряд методов диагностики [Басов, 2018].

Холистический метод подразумевает изучение организации, будучи в нее глубоко погруженным. Организация изучается изнутри, то есть исследователь принимает активное участие в деятельности организации. Как правило, изучаются условия труда, дисциплина работников, социально-психологический климат в организации, открытость и вежливость во внутренних коммуникациях, изучение правил и традиций, сложившихся в организации. Недостатком такого метода является субъективное мнение эксперта [Басов, 2018]. Поэтому его целесообразно дополнять статистическими доступными показателями (направление, коэффициент текучести, количество нарушений трудовой дисциплины, количество трудовых споров и конфликтов).

Количественный метод использует различные тесты, анкеты, опросы, которые позволяют в цифрах измерить организационную культуру по различным параметрам [Калиновская, 2024]. Такой подход к диагностике имеет ряд преимуществ: анонимность мнений респондентов, возможность изучения организационной культуры на разных уровнях управления в организации, сопоставимость полученных результатов. Количественные методы позволяют сформировать представление об уровне организационной культуры, выявить ее преимущества и недостатки, оценить в динамике (в случае если проводится несколько раундов исследования).

Однако результативность и информативность применения данных инструментов определяется содержанием анкеты (которые зависят от принятого в исследовании понятия организационной культуры и ее элементов), а также от мнения привлеченных к опросу респондентов.

Например, М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури [Мескон, Альберт и Хедоури, 1997] предлагают тест на этичность организации; в тесте Хофштеде-Боллинже организационная культура рассмотрена в разрезе 4 блоков (уровень иерархии или «дистанция власти»; стремление избежать неопределенности; индивидуализм – коллективизм; система мужественности); исследования Джейн

М. Беннетт сосредоточены на определении влияния организационной культуры на стратегию, лидерство и эффективность; Харрисон Р. и Стокс Х. [Согачева, 2011] выделяют четыре базовых типа культуры в организации: культура, ориентированная на власть, культура, ориентированная на роль, культура, ориентированная на достижение цели, культура, ориентированная на поддержку; Коул Д. [Согачева, 2011] предложил метод диагностики и изучения культуры в зависимости от следующих типов организационных культур: бюрократическая культура, органическая культура, предпринимательская культура, партиципативная культура.

Одним из популярных опросников является опросник Куинна и Камерона OCAI [Смирнова, 2015]. В нем организационная культура включает оценку шести ключевых характеристик: тип организации; общий стиль лидерства; система управления сотрудниками; то, что делает компанию единым целым; стратегические акценты; критерии успеха. На вопросы, предложенные в опроснике нет ни правильных, ни неверных ответов. В этой модели рассматриваются внешние факторы (гибкость, стабильность и контроль) и внутренние факторы (внешний контроль и дифференциация – внутренний контроль и интеграция), влияющие на тип организационной культуры. На основе этих двух групп факторов автор выделяет четыре типа организационной культуры: клановая, адхократическая, рыночная, иерархическая [Смирнова, 2015]. Такой метод диагностики позволяет определить доминирующий тип культуры и направления развития организации.

Также одной из популярных методик диагностики организационной культуры является модель Д. Денисона [Соломанидина, 2015]. Она базируется на оценке взаимодействия сотрудников друг с другом, их отношение к происходящему на работе, методах принятия решений. Д. Денисон доказал, что наибольшее влияние на организационную культуру оказывают такие факторы, как вовлеченность, адаптивность, взаимодействие и миссия. Но объективных показателей для оценки этих факторов не предложено.

Таким образом, рассмотренные методы оценки организационной культуры имеют свои преимущества и недостатки. Главным ограничением в них является использование только субъективных оценок, основанных на экспертном опросе. При этом отдельные предлагаемые направления для оценки (например, стремление избежать неопределенности; система управления со-

трудниками) плохо поддаются описанию и алгоритмизации. Это создает вариативность в оценках экспертов одного и того же направления организационной культуры и усложняет ее диагностику. Общим ограничением рассмотренных подходов к диагностике организационной культуры также является отсутствие возможности применения статистических показателей или показателей из административной базы данных. Учитывая авторское определение организационной культуры как, представляется правомерным предложить комплексную методику для ее оценки, соединяющую возможность применения отдельных показателей (коэффициент текучести, количество нарушений трудовой дисциплины, количество жалоб и конфликтов в организации), административных данных (наличие документального подтверждения организационной культуры) и результатов экспертного опроса.

В таком понимании алгоритм оценки организационной культуры будет включать следующие направления: 1) изучение понимания сущности организационной культуры в субъекте хозяйствования; 2) определение проявлений организационной культуры; 3) выявление роли организационной культуры в различных бизнес-моделях; 4) дополнение опроса данными о коэффициенте текучести в организации, количестве жалоб и конфликтов.

Содержание анкеты может варьироваться в зависимости от целей использования. Использование статистических показателей дополняет такой анализ, снижая возможную степень субъективности экспертных оценок. Поэтому представляется целесообразным использовать комбинированный метод оценки организационной культуры, направленный на выявление ее роли и особенностей в молодежном предпринимательстве.

Методы исследования

Для исследования особенностей организационной культуры бизнес-моделей молодежного предпринимательства используется метод экспертного опроса. Составлена авторская анкета для выявления особенностей организационной культуры в молодежном предпринимательстве, в которую включены 4 направления оценки (изучение понимания сущности организационной культуры: общее представление респондентов; выявление значения организационной культуры в бизнес-моделях; определение проявлений организационной культуры в субъекте хозяйствования; самооценка эксперта). В качестве экспертов привлечены 20

специалистов, руководителей субъектов хозяйствования разного уровня¹.

По результатам опроса можно сделать вывод, что в современных реалиях далеко не все имеют представление о понятии «организационной культуры».

Большинство респондентов (55 %) согласны с определением организационной культуры как комплекса разделяемых ценностей, убеждений, норм и ритуалов, которые формируют уникальную идентичность организации и влияют на поведение, восприятие, мотивацию, удовлетворенность работой, эффективность коммуникации и действия сотрудников, определяя приемлемый способ решения проблем и адаптации к внешней среде, что в результате влияет на успех организации в достижении своих целей. Также 25 % экспертов считают, что организационная культура включает в себя ценности, традиции и стандарты поведения, которые разделяют и соблюдают все члены организации.

На рисунке 1 отражено понимание экспертов об основных целях организационной культуры (эксперты выбрали 3 наиболее значимых варианта ответа).

Основными функциями организационной культуры являются (экспертам был предложен множественный выбор): 1) укрепление командного духа и сотрудничества (75 % ответов); 2) формирование общего видения и целей (55 % ответов); 3) обеспечение устойчивости и долгосрочного успеха (55 % ответов).

Эксперты отмечают, что основными показателями, характеризующими состояние организационной культуры на предприятии, являются коэффициент текучести и количество нарушений трудовой дисциплины. А инструментами, благодаря которым организационная культура в субъектах хозяйствования формируется более эффективно, являются: личный пример руководителя, корпоративные мероприятия, привлечение работников к управлению и поощрение их инициативы, общие цели организации, разделяемые всеми сотрудниками.

По итогам опроса большинство экспертов согласилось с мнением автора в следующих аспектах: организационная культура в крупных и средних организациях отличается от малых и микроорганизаций (80 %); организационная культура на государственных предприятиях более формализована, в то время как на

¹ В качестве экспертов было приглашено 20 представителей различных организаций. Характеристика экспертной группы: 30 % – имеют стаж работы менее 2 лет, 30 % – от 2 до 5 лет, 15 % – от 5-10 лет, 25 % – более 10 лет.

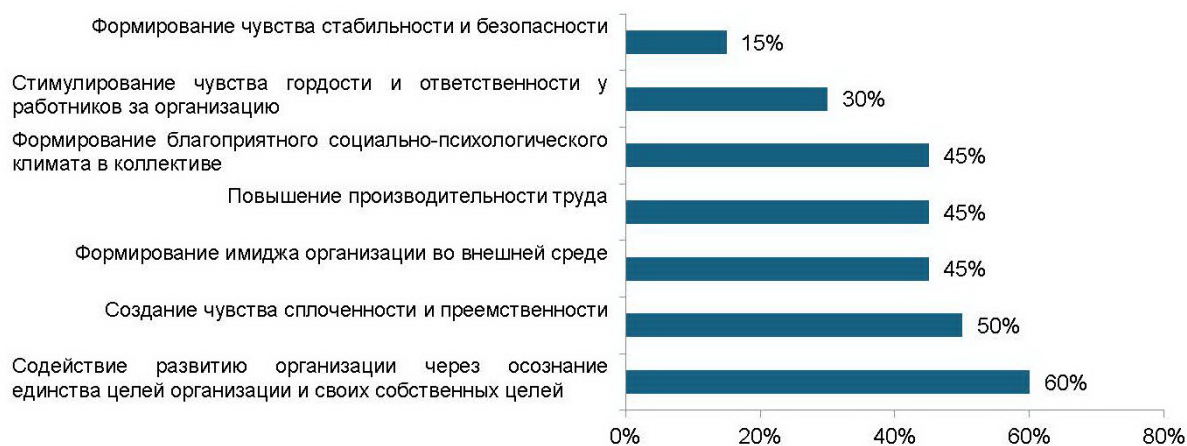


Рисунок 1 – Экспертная оценка основных целей организационной культуры
 Figure 1 – Expert assessment of the main goals of organizational culture

Источник: собственная разработка.

негосударственных предприятиях она в большей степени неформальная (65 %); организационная культура в подразделениях с молодыми руководителями, как правило, более открыта к инновациям, гибкому подходу к работе и новым технологиям, в то время как более зрелые руководители могут иметь более консервативный подход, опираясь на свой опыт и фокусируясь на стабильности и эффективности (70 %); молодые руководители могут быть более склонны к риску и готовы экспериментировать с новыми стратегиями, в то время как опытные руководители, вероятно, будут придерживаться более осторожного подхода, опираясь на проверенные стратегии и минимизируя риски (60 %). Также 90 % экспертов считают, что главную роль в формировании организационной культуры играет руководитель организации.

Основные индикаторы экспертного мнения о высоком уровне организационной культуры отражены на рисунке 2 (экспертам был предложен множественный выбор).

Экспертный опрос позволил выделить следующие ключевые отличия организационной культуры в субъектах молодежного предпринимательства от бизнес-модели корпоративного управления:

– гибкость и скорость принятия решений (молодые предприниматели могут быстро реагировать на измене-

ния рынка, адаптировать свои стратегии и внедрять инновации без длительных бюрократических процедур, в свою очередь корпоративное управление часто связано с более формальными процессами принятия решений, которые могут быть медленными из-за необходимости согласования с различными отделами и руководителями);

– риски (молодые предприниматели часто более открыты к риску и экспериментированию, они готовы пробовать новые идеи, даже если это сопряжено с неопределенностью, а корпорации, особенно крупные, могут быть более консервативными в отношении рисков);

– лидерство (молодые предприниматели поощряют сотрудничество, совместное принятие решений и взаимную поддержку, а в корпоративной среде часто существует четкое разделение ролей и формальное лидерство);

– цели (цели молодых предпринимателей могут быть более ориентированы на создание социального воздействия, внедрение инноваций или достижение личной независимости, в свою очередь корпорации обычно имеют четко сформулированные цели, связанные с прибылью, ростом и удовлетворением акционеров);

– ценности (молодые предприниматели часто руководствуются личными ценностями, страстью и желанием



Рисунок 2 – Основные индикаторы высокого уровня организационной культуры
 Figure 2 – Key indicators of a high level of organizational culture

Источник: собственная разработка.

изменить мир, а ценности корпораций могут быть сосредоточены на эффективности, стабильности и долгосрочном успехе).

Важно отметить, что эти различия не являются абсолютными, и каждая организация уникальна. Некоторые зрелые компании могут внедрять элементы молодежной организационной культуры, чтобы оставаться гибкими и инновационными, в то время как молодые предприятия могут адаптировать практики корпоративного управления по мере роста и развития.

Выводы

Молодежное предпринимательство представляет собой динамичное и быстрорастущее явление, которое привлекает все больше внимания ученых и политиков. Бизнес-модели молодежного предпринимательства имеют свои уникальные особенности и характеристики: инновационные подходы, использование современных

технологий, гибкость и адаптивность.

Бизнес-модель корпоративного управления отличается от бизнес-модели молодежного предпринимательства. Организационная культура является фундаментальным аспектом, который влияет на эффективность и устойчивость бизнес-моделей, особенно в контексте молодежного предпринимательства. Поэтому объективная оценка и понимание уровня развития организационной культуры становятся первоочередной задачей для укрепления и совершенствования этих бизнес-моделей.

В ходе опроса выявлена важность значения организационной культуры в субъектах хозяйствования разных размеров, а также отличия организационной культуры в субъектах молодежного предпринимательства от бизнес-модели корпоративного управления (гибкость и скорость принятия решений, риски, лидерство, цели и ценности).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Барков, С.А. (2009). *Теория организации (институциональный подход)*. Москва: Издательство МГУ, Российская Федерация.
- Басов, К.Ю. (2018). Методы исследования организационной культуры. *Форум молодых ученых*, № 11 (27), С. 178–183.

- Вебер, М. (2017). *Избранное. Образ общества*. Москва: Центр гуманитарных инициатив, Российская Федерация.
- Грошева, Е.К. и Чуприна, А.Д. (2021). Принципы и элементы управления по А. Файолю. *Бизнес-образование в экономике знаний*, № 3(20), С. 37–40.
- Калиновская, И.Н. (2024). Анализ тенденций цифровой трансформации управления человеческими ресурсами организаций Витебского региона. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 1(47), С. 122–140.
- Кузин, Д.В. (2024). Концепции российского корпоративного управления: эволюция и сравнительный анализ. *Вестник Московского университета*, Серия 6, Экономика, 59(1), С. 3–28.
- Мескон, М., Альберт, М. и Хедоури, Ф. (1997). *Основы менеджмента*. Москва: Издательство «Дело», Российская Федерация.
- Мильнер, Б.З. (2004). *Теория организации*. Москва: ИНФРА-М, Российская Федерация.
- Нехода, Е.В., Редчикова, Н.А. и Тюленева, Н.А. (2018). Бизнес-модели компаний: от прибыли к устойчивому развитию и созданию ценности. *Управленец*, том 9, № 4, С. 9–19.
- Остервальдер, А. и Пинье, И. (2024). *Построение бизнес-моделей: настольная книга стратега и новатора*. Москва: Альпина Паблишер, Российская Федерация.
- Полбин, А.В. (2020). Предпринимательство, накопление богатства и ограничения заимствования: опыт зарубежных исследований. *Российский журнал менеджмента*, том. 18, № 3, С. 313–334.
- Ричард, Х. Холл (2001). *Организации: структуры, процессы, результаты*. СПб: Питер, Российская Федерация.
- Руднев, Е.А. (2023). Организационная культура российских компаний в условиях социально-экономических изменений. *Российский журнал менеджмента*, том. 21, № 4, С. 600–618.
- Семёнов, Ю.Г. (2006). *Организационная культура*. Москва: Логос, Российская Федерация.
- Серова, Л.С., Страхович Э.В. и Чуракова, И.Ю. (2017). Многосторонние платформы в эволюции бизнес-моделей микро-предприятий. *Управленец*, № 4(68), С. 53–60.
- Смирнов, В.В. (2016). Особенности бизнес-моделей и их влияние на развитие корпораций. *Управленческие науки*, № 3(6), С. 95–108.
- Смирнова, Е.В. (2015). Методы исследования организационной культуры. *Факторы успеха*, № 1 (4), С. 97–102.
- Согачева, О.В. (2011). Диагностика организационной культуры предприятия: методы ее формирования и поддержания, актуальные вопросы развития современного общества. *Материалы Международной научно-практической конференции*, С. 162–166.
- Соломанидина, Т.О. (2020). *Организационная культура компании*. Москва: ИНФРА-М, Российская Федерация.
- Стрекалова, Н.Д. (2017). Концепция бизнес-модели: методология системного анализа. *Экономика, право*, С. 95–105.
- Шейн, Э. (2002). *Организационная культура и лидерство*. СПб.: Питер, Российская Федерация.
- Afuah, A. and Tucci, C. (2003). *Internet Business Models and Strategies*. Boston: McGraw Hill, USA.
- Amit, R. and Zott, C. (2001). Value creation in e-business. *Strategic Management Journal*, no. 22, pp. 493–520.
- Chesbrough, H. and Rosenbloom, R. (2002). The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. *Industrial and Corporate Change*, no. 11(3), pp. 529–555.
- Rappa, M (2010). "Business Models On The Web", [Online], URL: <http://digitalenterprise.org/models/models.pdf>. [дата обращения: 24.08.2024].
- Seidenstricker, S., Scheuerle, S. and Linder, C. (2014). Business model prototyping – using the morphological analysis to develop new business model. *Procedia*, vol. 21, no. 3, pp. 102–109.
- Timmers, P. (1998). Business Models for Electronic Markets. *Electronic Markets*, vol. 8, no. 2, pp. 3–8.

REFERENCES

- Barkov, S.A. (2009). *Teoriya organizacii (institucional'nyj podhod)* [Theory of organization (institutional approach)]. Moscow: Moscow State University Press, Russian Federation (In Russian).
- Basov, K.Y. (2018). Methods of organizational culture research [Metody issledovaniya organizacionnoj kul'tury]. *Forum molodyh uchenyh = Forum of Young Scientists*, no. 11 (27), pp. 178–183 (In Russian).
- Weber, M. (2017). *Izbrannoe. Obraz obshchestva* [Favorites: Image of Society]. Moscow: Center for Humanitarian Initiatives, Russian Federation.
- Grosheva, E.K. and Chuprina, A.D. (2021). Principles and elements of management according to A. Fayol [Principy i element upravleniya po A. Fajolyu]. *Biznes-obrazovanie v ekonomike znaniy = Business Education in the Knowledge Economy*, No. 3(20), С. 37–40.
- Kalinovskaya, I.N. (2024). Analysis of trends in digital transformation of human resource management of organizations in Vitebsk region [Analiz tendencij cifrovoj transformacii upravleniya chelovecheskimi resursami organizacij Vitebskogo regiona]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo texnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, no. 1 (47), pp. 122–140 (In Russian).
- Kuzin, D.V. (2024). Concepts of Russian corporate governance: evolution and comparative analysis [Konceptii rossijskogo korporativnogo upravleniya: evolyuciya i sravnitel'nyj analiz]. *Vestnik Moskovskogo universiteta = Vestnik of Moscow University*, Series 6, Economics, 59(1), С. 3–28 (In Russian).
- Mescon, M., Albert, M. and Hedourie, F. (1997). *Osnovy menedzhmenta* [Fundamentals of Management]. Moscow: Delo Publishing House, Russian Federation.
- Milner, B.Z. (2004). *Teoriya organizacii* [Theory of Organization]. Moscow: INFRA-M, Russian Federation (In Russian).
- Nekhoda, E.V., Redchikova, N.A. and Tyuleneva, N.A. (2018). Business models of companies: from profit to sustainable development and value creation [Biznes-modeli kompanij: ot pribyli k ustojchivomu razvitiyu i sozdaniyu cennosti]. *Upravlenec = Manager*, vol. 9, no. 4, pp. 9–19 (In Russian).
- Osterwalder, A. and Pinier, I. (2024). *Postroenie biznes-modelej: nastol'naya kniga stratega i novatora* [Building business models: a table book of strategist and innovator]. Moscow: Alpina Publisher, Russian Federation (In Russian).
- Polbin, A.V. (2020). Entrepreneurship, wealth accumulation and borrowing constraints: the experience of foreign research [Predprinimatel'stvo, nakoplenie bogatstva i ogranicheniya zaimstvovaniya: opyt zarubezhnyh issledovaniy]. *Rossijskij zhurnal menedzhmenta = Russian Journal of Management*, vol. 18, no. 3, pp. 313–334 (In Russian).
- Richard, H. Hall (2001). *Organizacii: struktury, processy, rezul'taty* [Organizations: structures, processes, outcomes]. SPb: Peter, Russian Federation (In Russian).
- Rudnev, E.A. (2023). Organizational culture of Russian companies in the conditions of socio-economic changes [Organizacionnaya kul'tura rossijskih kompanij v usloviyah social'no-ekonomicheskikh izmenenij]. *Rossijskij zhurnal menedzhmenta = Russian Journal of Management*, vol. 21, no. 4, pp. 600–618 (In Russian).
- Semyonov, Y.G. (2006). *Organizacionnaya kul'tura* [Organizational Culture]. Moscow: Logos, Russian Federation (In Russian).
- Serova, L.S., Strakhovich, E.V. and Churakova, I.Y. (2017). Multilateral platforms in the evolution of business models of microenterprises [Mnogostoronnie platformy v evolyucii biznes-modelej mikroprivyatiy]. *Upravlenec = Manager*, no. 4(68), pp. 53–60 (In Russian).
- Smirnov, V.V. (2016). Features of business models and their impact on the development of corporations [Osobennosti biznes-modelej i ih vliyanie na razvitie korporacij]. *Upravlencheskie nauki = Management Sciences*, no. 3(6), pp. 95–108 (In Russian).
- Smirnova, E.V. (2015). Methods of organizational culture research [Metody issledovaniya organizacionnoj kul'tury]. *Faktory uspekha = Factors of Success*, no. 1(4), pp. 97–102 (In Russian).
- Sogacheva, O.V. (2011). Diagnostics of organizational culture of the enterprise: Methods of its formation and maintenance, Actual issues of development of modern society [Dagnostika organizacionnoj kul'tury predpriyatiya: metody ee formirovaniya

I podderzhaniya, aktual'nye voprosy razvitiya sovremennogo obshchestva]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* = materials of the International scientific-practical conference, pp. 162–166 (In Russian).

Solomanidina, T.O. (2020). *Organizacionnaya kul'tura kompanii* [Organizational culture of the company]. Moscow: INFRA-M, Russian Federation (In Russian).

Strekalova, N.D. (2017). Concept of business model: methodology of system analysis the concept of business model: methodology of system analysis [Konceptiya biznes-modeli: metodologiya sistemnogo analiza]. *Ekonomika, parvo = Economy, Law*, pp. 95–105 (In Russian).

Shane, E. (2002). *Organizacionnaya kul'tura i liderstvo* [Organizational Culture and Leadership]. St. Petersburg: Piter, Russian Federation (In Russian).

Afuah, A. and Tucci, C. (2003). *Internet Business Models and Strategies*. Boston: McGraw Hill, USA.

Amit, R. and Zott, C. (2001). Value creation in e-business. *Strategic Management Journal*, no. 22, pp. 493–520.

Chesbrough, H. and Rosenbloom R. (2002). The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. *Industrial and Corporate Change*, no. 11(3), pp. 529–555.

Rappa, M. (2010). "Business Models On The Web", [Online], URL: <http://digitalenterprise.org/models/models.pdf>. [accessed: 24.08.2024].

Seidenstricker, S., Scheuerle, S. and Linder, C. (2014). Business model prototyping – using the morphological analysis to develop new business model. *Procedia*, vol. 21, no. 3, pp. 102–109.

Timmers, P. (1998). Business Models for Electronic Markets. *Electronic Markets*, vol. 8, no. 2, pp. 3–8.

Информация об авторах

Information about the authors

Мирончик Владислав Вячеславович

Аспирант кафедры «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: vlad.mironchik.00@mail.ru

Ванкевич Елена Васильевна

Доктор экономических наук, профессор, проректор по научной работе, Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

Vladislav V. Mironchik

Postgraduate Student of the Department "Economics and Electronic Business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: vlad.mironchik.00@mail.ru

Alena V. Vankevich

Doctor of Science (in Economics), Professor, Vice-Rector for Science and Research, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

Региональное развитие в Алжире: тенденции, препятствия и меры по их преодолению (на примере провинции Аннаба)

Абубакер Хуалед¹, ¹Университет имени Баджи Мохтара, Аннаба, Алжир

Абдельгани Лебза², ²Университет имени Касди Мербаха, Уаргла, Алжир

Али бин Тайиб³, ³Университет имени Абд аль-Хафиза Буссуфа, Мила, Алжир

Аннотация. Региональное развитие – это фундаментальный процесс, на котором основывается политика государства в области развития, поскольку оно считается отправной точкой для всестороннего национального развития. Региональное развитие опирается на коллективный подход, суть которого – вовлечение всех заинтересованных сторон в развитие конкретной области. Поскольку меры, успешно предпринимаемые в одном регионе, могут оказаться совершенно неприменимыми в другом. Целью данного исследования является изучение реальных условий регионального развития в провинции Аннаба (вместе с одноименным административным центром, четвертым по величине городом Алжира), а также анализ различных усилий и препятствий на пути регионального развития в провинции. В исследовании использован описательный метод. В рамках исследования проходила стажировка в Управлении по программированию и бюджетному надзору в провинции Аннаба, где были собраны и проанализированы все статистические данные и информация, относящиеся к данной теме. Результаты исследования показывают, что, несмотря на все усилия, прилагаемые для развития провинции Аннаба в рамках муниципальных планов развития (PCD), децентрализованных отраслевых программ (PSD), многочисленных программ по восстановлению неиспользуемых промышленных земель, поддержки частных инвесторов и поощрения предпринимательских проектов для молодежи, по-прежнему существует множество проблем, требующих срочного решения. К основным проблемам относятся: высокий процент незавершенных проектов, бюрократия, недостаточные человеческие ресурсы, низкие стандарты и критерии эффективности, а также отсутствие систем стимулирования.

Ключевые слова: региональное развитие; социально-экономические факторы; инвестиционные проекты; промышленность, провинция Аннаба.

Информация о статье: поступила 17 августа 2024 года.

The reality, efforts, and obstacles of local development in Algeria: the case of Annaba province

Aboubaker Khoualed¹, ¹Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria

Abdelghani Lebza², ²Kasdi Merbah University, Ouargla, Algeria

Ali Ben Tayeb³, ³Abdelhafid Boussouf University Center, Mila, Algeria

Abstract. Local development is a fundamental process upon which the developmental policy of the state is based, as it is considered a basic starting point for achieving comprehensive national development. Local development relies on a participatory approach that ensures the involvement of all actors in bringing about development in a specific area. Since what may be suitable in one area may not be applicable in another, this study aims to examine the reality of local development in Annaba Province (the fourth largest city in Algeria) and to analyze the various efforts and obstacles to achieving local development in the province. To achieve the aforementioned objectives, the descriptive method was used, and a field internship was conducted at the Directorate of Programming and Budget Follow-up in Annaba Province, where all statistics and information relevant to the topic were collected and analyzed. The study concluded with a key finding that despite all the efforts made to develop Annaba Province through municipal development plans (PCD), decentralized sectoral programs (PSD), various programs for recovering unused industrial land, supporting private investors, and encouraging entrepreneurial

projects for youth, there are still many problems that need urgent solutions. The foremost of these problems include the high percentage of incomplete projects, bureaucracy, weak human resources, poor performance standards and criteria, and the lack of incentive systems.

Keywords: local development; socio-economic factors; investment projects; Industry, Annaba province.

Article info: received August 17, 2024.

Introduction

Development, in its broadest sense, has been the foremost concern for developing countries since the end of World War II. Studies in various branches of social sciences have increasingly focused on the developmental perspective, especially as the majority of developing countries were newly independent and striving to establish their own developmental models. Local development in these countries faced numerous obstacles, particularly within the context of the new global order which imposed challenges on their ability to benefit from the global market advantages. Furthermore, the phenomenon of transcontinental terrorism exacerbated the already difficult situations in these countries by reducing foreign investments due to the security challenges they faced. In addition, various social, economic, political, and cultural barriers further impeded the progress of local communities.

Algeria, as one of the developing countries, experiences almost the same challenges, among which the internal challenges are the most prominent. After gaining independence from France in 1962, the Algerian government initiated the building of state institutions and the establishment of a model entirely independent of the Western economy, adopting a socialist economic system for an extended period until the late 1980s. With the onset of the 1990s and due to the numerous issues accompanying the implementation of the socialist system, Algeria shifted towards a free-market system. However, with the government's retention of strategic sectors, this resulted in a mixed economy of socialism and capitalism that Algeria experiences today. Additional internal challenges include the "Black Decade" and the terrorism tragedy of the 1990s, overreliance on hydrocarbon rents, and a population explosion not matched by sufficient development levels. External factors such as ideological and cultural legacies of colonialism, economic and scientific dependency, technological challenges, and the issue of external debt also play significant roles.

Thus, it is evident that the topic of local development provides a better explanation for the main issues Algeria faces and their causes, considering that local development is a fundamental element in the economic growth of nations. Economists discuss several elements of economic development, including capital, raw materials, the level of technological advancement, and skilled labor. However, the most critical elements for progress, prosperity, and the optimal utilization of available resources—be they human or natural—remain local development, which is of immense importance in supporting the local economy.

Given that individuals are products of their environment, this study aims to examine the state of local development in the Province of Annaba, the fourth-largest city in Algeria by economic activity. Annaba houses the largest iron and steel plant in Africa and boasts numerous tourism and commercial assets, alongside a significant network of infrastructure and transportation (port, airport, railways, roads). This study will also attempt to uncover the various difficulties in achieving local development in the province, in addition to the various efforts made by the government to overcome these obstacles.

Previous Studies

The topic of local development has garnered significant attention from Algerian researchers across various fields of social and economic sciences. However, most of their research has been conducted in Arabic and French, with studies in English being very rare. One notable study is by (Herizi & Belkacem, 2016), which aimed to evaluate the state of local industrial development in Algeria and measure the concentration of local industrial development specialization. To achieve this objective, the researchers applied the Krugman and Herfindahl index to 2011 data from 48 Algerian provinces, concluding that there is a regional imbalance in the industrial sector in Algeria.

Another study conducted by (Bahouri, 2023) attempted to clarify the reality of social policy in Algeria and uncover its role in improving local development. To achieve this objective, the researcher conducted a descriptive study

focusing on the main areas of social policy's contribution to local development, including health, education, housing, living standards, employment, and others. The study concluded that Algeria faces several challenges in achieving comprehensive local development and must work on several fronts, including political will, effective civil society participation, social justice, and investment in human capital.

A study by (Benmahdi & Benberrah, 2024) aimed to elucidate the role of transportation in achieving sustainable local development in Algeria. To achieve this objective, the researchers used the descriptive method to present the study variables and characteristics and the inductive method to derive conclusions. The study demonstrated that planning transportation programs has become one of the fundamental elements on which state development programs, including local ones, rely heavily for their success and achievement of social, economic, and political goals.

In the field of tourism, there are numerous local studies that have attempted to uncover the role of tourism in achieving local development in Algeria. Among these studies is the research by (Douli & Slimani, 2016), which sought to uncover the role of tourism in social development in Algeria. Another study by (Kelfaoui, Rezzaz, & Kherrour, 2021) focused on a specific type of tourism, mountain tourism, and attempted to reveal its role in supporting local development in the Kabylie region of Algeria. Similarly, (Bouhila, Alouat, Rezzaz, & Schmitz, 2022) focused on uncovering models of local cultural tourism and their impact on enhancing local development in Constantine Province (eastern Algeria). Meanwhile, the study by (Fertas, Alouat, & Benmahamed, 2022) aimed to clarify the role of spa tourism in enhancing local development in Setif Province (eastern Algeria).

Regarding studies conducted in French, there are numerous examples, one of which is by (Ferdj, Hamadi, & Datoussaid, 2023), which primarily aimed to analyze the key stages of local and regional development in Algeria. To achieve this objective, the researchers used the descriptive statistical analysis method to examine the various stages of local and regional economic development within the framework of the National Spatial Planning Scheme (SANAT). The study concluded that the results of local development policy remain unclear and mixed concerning the expressed needs and expectations of local populations and actors.

Another study by (Ferdj, 2020) aimed to analyze the factors of local development and regional dynamics in Blida Province (central Algeria), highlighting its economic and social characteristics as critical elements for achieving regional development. The researcher conducted a field survey on a sample of 110 companies specializing in agri-food production in the province. The study found that the main supportive factors for local development in the province include its historical background in agri-food production, entrepreneurial culture, availability of road and transport networks, raw materials, suppliers, and skilled labor. The study also noted the absence of effective links between companies and local organizations.

(Lamrani, 2021) study aimed to examine the problem of socio-economic development in the Soummam Valley in the Kabylie region (northern Algeria). To achieve this objective, the researcher conducted a comprehensive study of the various social and economic dynamics in the agri-food sector in the Soummam Valley. The study concluded that projects in this sector have positively impacted local populations by creating new job opportunities, income distribution, product availability, and more. However, the researcher also noted several challenges, including weak regional governance and the need for better environmental protection in the region's projects.

(Boubir, 2018) study aimed to propose an effective participatory approach to local development in Tébessa Province (eastern Algeria), which faces several challenges, including being a border province with weak investments and government funding, deteriorating agriculture and industry, and difficult natural conditions as the province is part of arid regions. Based on the participatory approach and SWOT analysis, the researcher proposed several prudent strategies, focusing on four key sectors: hydraulics, mining industry, agriculture, and tourism, alongside greater attention to infrastructure.

Another study by (Bendiabdellah, Benabou, & Tabeti, 2014) aimed to examine the issue of governance and local development in Algeria. Using cognitive mapping techniques, the researchers identified the main problems faced by local actors in managing regional development projects in Algeria, including weak local authorities, lack of decision-making autonomy, insufficient financial resources and skills to support local development, weak regional image and identity, and lack of attention to environmental and ecological aspects, alongside the

dominance of rentier logic through financial subsidies provided by the state to local authorities.

A recent study by (Abboudi, 2014) aimed to reveal the reality and prospects of local development in Guelma Province (eastern Algeria). To achieve this objective, the researcher used two approaches:

- A theoretical one to demonstrate the concepts related to the study.
- A regional approach combining several sub-approaches to identify local opportunities offered by Guelma Province and highlight the potential wealth of its lands.

The study concluded that, despite not being a coastal province, Guelma possesses many encouraging factors for achieving sustainable local development, especially if greater attention is paid to the agriculture and tourism sectors.

Theoretical Framework

Local development is a collective process that reflects the cultural, social, and economic coexistence, identity of communities, and family life (Nina et al, 2019, p. 151). According to (Sekuła, 2022, p. 60), several fundamental approaches can be distinguished in defining local development based on the criteria of the local community and its needs, as well as the criterion of changes occurring within the local arrangement. The following figure illustrates this (figure 1).

Local development is a process that involves the utilization of a specific area's resources to improve the economic, social, and environmental conditions, thereby enhancing the quality of life and well-being of its occupants. (Milán-García, Uribe-Toril, Ruiz-Real, & De Pablo Valenciano, 2019, p. 01). According to (Kisman & Tasar, 2014, p. 1690), A multidimensional concept of change, which encompasses economic, social, cultural, and environmental dimensions, is fundamentally linked to local development. This concept necessitates innovation within and between these dimensions.

Local development is a method that can be applied to enhance the quality of life, support or accelerate the empowerment of ordinary individuals, develop or maintain local assets, surmount market failures, enhance cohesion, and identify and implement grassroots development initiatives. (Kisman & Tasar, 2014, p. 1690). Local development is a process that is characterized by three primary pillars, as illustrated in the accompanying figure 2.

The following are some elements associated with inputs, outputs, and outcomes (Jouen, et al., 2010, p. 11):

- Inputs: Region, sense of belonging, community, bottom-up approach, partnership, self-potential, proximity.
- Outputs: Quality, efficiency, transition, diversity, new methods, increased local value, access to services, self-help, increased income and revenues, and local

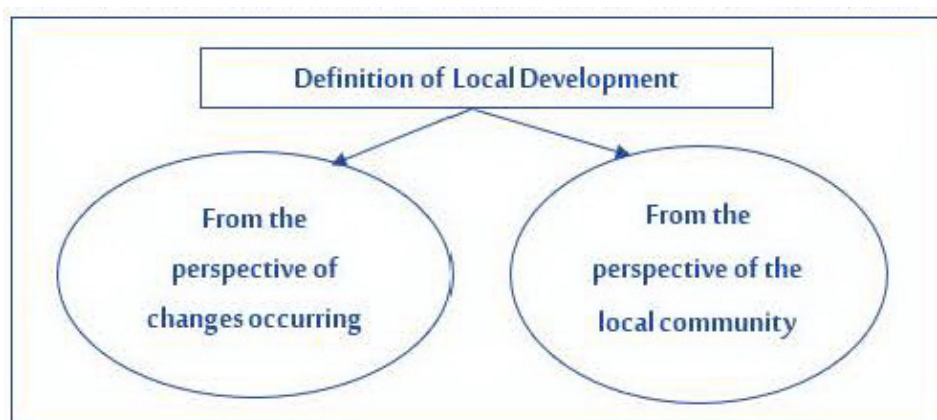


Figure 1 – Criteria for Distinguishing Definitions of Local Development

Source: (Sekuła, 2022, p. 60).

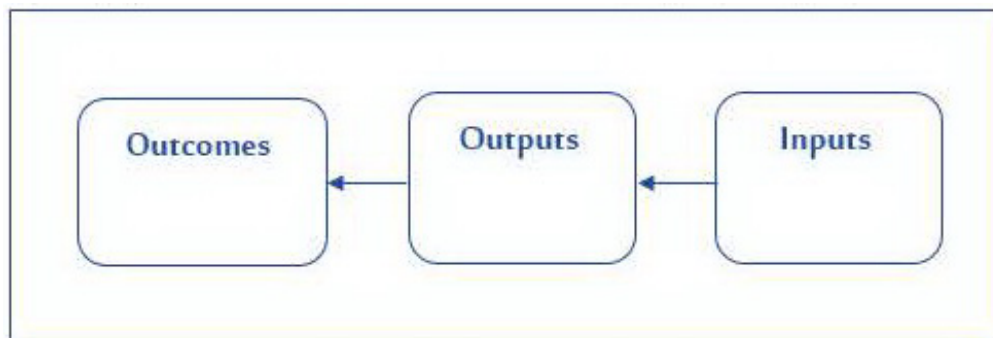


Figure 2 – Local Development as a Process (Inputs, Outputs, Outcomes)

Source: [Jouen, et al., 2010].

beneficiaries.

- Outcomes: Development, strategy, renewal, effectiveness, future, social innovation, empowerment, legitimacy, well-being, facilities, and collective intelligence are all aspects of collective and public goods.

Local development can only occur when influential political, social, and economic figures actively engage in the growth processes happening in their regions and possess the capacity to recognize and redirect these processes towards the new economy (Ruiz-Real, Uribe-Toril, De Pablo Valenciano, & Pires Manso, 2019, p. 14).

Therefore, there are several contemporary fields contributing to achieving local development, including: tourism and educational tourism (Tomas, Paviotti, & Cavicchi, 2020), education, mining, geotourism (Xu & Wu, 2022), climate change, sustainable local development, social innovation (Nyseth & Hamdouch, 2019), social diversity, creativity, and traditional communities. Thus, it is possible to discern a close correlation between local development and other factors that are not exclusively associated with the economic and social spheres, but also with the environmental. The term "local development" is no longer perceived as an isolated occurrence; rather, it has been associated with other environmental phenomena, including sustainability and climate change. This even results in overlaps, such as geotourism, a subject that encompasses a variety of disciplines and is designed to comprehend the existence of novel forms of progress (Ruiz-Real, Uribe-Toril, De Pablo Valenciano, & Pires Manso, 2019, p. 14).

Methodology

This study primarily aims to examine the current state of local development in Algeria. Given the difficulty in measuring the level of local development across the entire Algerian territory, the study focuses on Annaba Province, the fourth largest city in Algeria. The analysis covers the local development status in this province, the efforts undertaken, and the obstacles hindering the developmental process. Additionally, this study seeks to provide a preliminary examination that contributes to the enrichment of the subject of local development in Algeria, drawing the attention of researchers and specialists to its importance and paving the way for further future research and studies.

To achieve the aforementioned objectives, the study primarily relied on the descriptive method, as it is deemed the most suitable for comprehensively addressing the topic from various angles and complexities. This method helps in identifying the studied phenomenon and then describing it accurately (Elliott & Timulak, 2021). To monitor the state of local development in Annaba Province, a field training was conducted at the provincial administration, specifically at the Directorate of Programming and Budget Follow-up. Several meetings were held with the directorate's official, providing us with all the necessary information, data, and reports pertinent to the study's topic, which were used to derive the results and recommendations.

Analysis of Efforts and Obstacles to Local Development in Annaba Province

Overview of Annaba Province

Annaba Province is located in the northeast of Algeria, 600 km east of the capital Algiers, 150 km from Constantine, and approximately 80 km west of the northeastern Tunisian border. According to the latest general housing and population census in 2020, its population is 802,768 inhabitants.

According to the administrative division of 2019, which included the creation of a new administrative district, the administrative division of Annaba Province now comprises 06 districts and 12 municipalities as follows (table 1).

Thanks to its strategic geographic location, natural resources, diverse infrastructure, and history, Annaba stands out as an industrial and tourist hub, particularly due to the following attributes:

- It has an 80 km-long coastline along the Mediterranean Sea.
- It boasts a diverse infrastructure network, including multi-service land, sea, and air facilities (a port with a

container terminal, an international airport, a railway station, and two bus stations (national and regional)).

- Significant maritime capabilities, with an annual fishing capacity of approximately 30,000 tons.

- Exceptional tourism potential from its numerous small coastal beaches, including Sidi Akacha in Chetaibi, Jenan El Bey in Seraïdi, Ain Achir in Annaba, and one of the world's most beautiful bays in Chetaibi.

- A rich industrial base with large national and international industrial complexes (ARCELOR MITTAL, FERTIAL, FERROVIAL).

- Two university poles meeting international standards with a total capacity of 53,000 students.

- A technology park (Techno Park) whose mission is to create the best conditions to foster innovation by bringing together strategic partners.

To assess the state of local development in Annaba Province, the following will be analyzed: Municipal Development Plans (PCD), decentralized sectoral programs (PSD), and the status of investment projects in the province.



Figure 3 – Map of Annaba Province

Source: Prepared by the researchers based on data provided by the Directorate of Programming and Budget Monitoring of the Province of Annaba.

Table 1 – Administrative Division of Annaba Province

Districts	Municipalities
Province Delegation of Mostafa Ben Aouda	Oued El Aneb
Annaba	Annaba, Seraïdi
El Bouni	El Bouni
Berrahal	Berrahal, El Tarf
El Hadjar	El Hadjar, Sidi Amar
Ain Berda	Ain Berda, El Alama, El Sherka
Chetaïbi	Chetaïbi

Source: Prepared by the researchers based on data from the (Ministry of Interior, 2024).

Municipal Development Plans (PCD)

This program was initiated under Decree 81/380 as part of implementing the decentralization policy in managing public expenditure and granting a degree of autonomy to local authorities in realizing economic and social development projects within their municipalities. This is because local authorities are more aware of their municipalities' realities and local development needs. These programs oversee the implementation of several local development projects, including those related to agriculture, irrigation, economic, social, and administrative facilities, environment, health and sanitation, education and youth, urban planning activities, sanitation, water networks, and road and forest track infrastructure.

According to data obtained from the Directorate of Programming and Budget Follow-up, Annaba Province benefited from a financial allocation of 1,700,000,000 DZD under the 2022 Municipal Development Plan (figure 4).

The distribution of financial amounts allocated to municipal development programs is subject to several considerations, particularly population size and local development levels. Thus, it is natural to observe an imbalance between municipalities, especially between major poles characterized by their population weight, urban expansion, and economic significance, which necessitate large amounts of funds to provide services and infrastructure, and smaller municipalities with modest populations and limited urban expansion. However, this should not justify the neglect or exclusion of isolated municipalities from local development across various economic and social sectors.

The distribution of municipal program funds has not been equal or balanced. This might be considered

natural if we base it on the principles of population size and urban expansion in certain cities, particularly major poles such as the municipalities of Annaba and El Bouni, which are district centers with significant population sizes and urban expansion, requiring substantial financial allocations to develop infrastructure and provide various essential services for the citizens. In contrast, some medium and small municipalities, such as Berrahal, Sidi Amar, and Seraïdi, have been allocated less financial amounts due to their modest populations. The following figure illustrates the distribution of the population in the Province of Annaba by municipality (figure 5).

It is observed that the majority of the population of Annaba is concentrated in both the municipality of Annaba and the municipality of El Bouni, with more than half of the total population of the Province of Annaba, which is 609,499 inhabitants according to the latest statistics, residing in these two municipalities. This explains their urban expansion and economic significance, which necessitate substantial amounts of funds to provide services and infrastructure.

Regarding the registered projects, they can be illustrated in the following figure 6.

It is observed that the registered projects within the municipal development plan, totaling 200 projects, primarily targeted activities related to road construction, sanitation, urban development, and drinking water supply. It is worth noting that the financial allocations and projects designated for each municipality were distributed based on specific criteria, including population density and the projects proposed by the municipalities. This methodology allowed for creating a balance between municipalities and diversifying the proposed projects for registration,

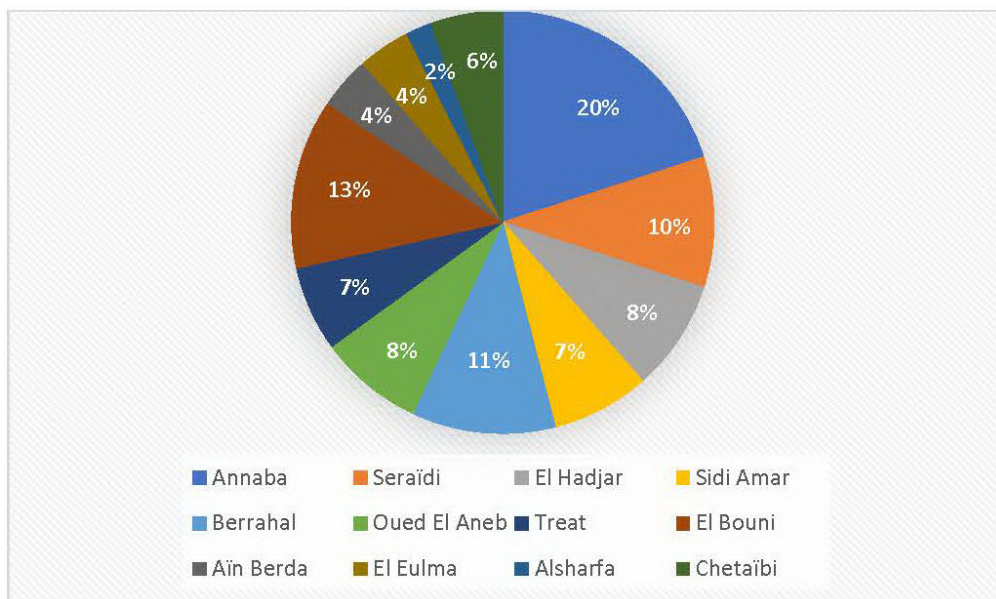


Figure 4 – Geographical Distribution of Financial Amounts of the Municipal Development Plan across the Province

Source: Prepared by the researchers based on data provided by the Directorate of Programming and Budget Monitoring of the Province of Annaba.

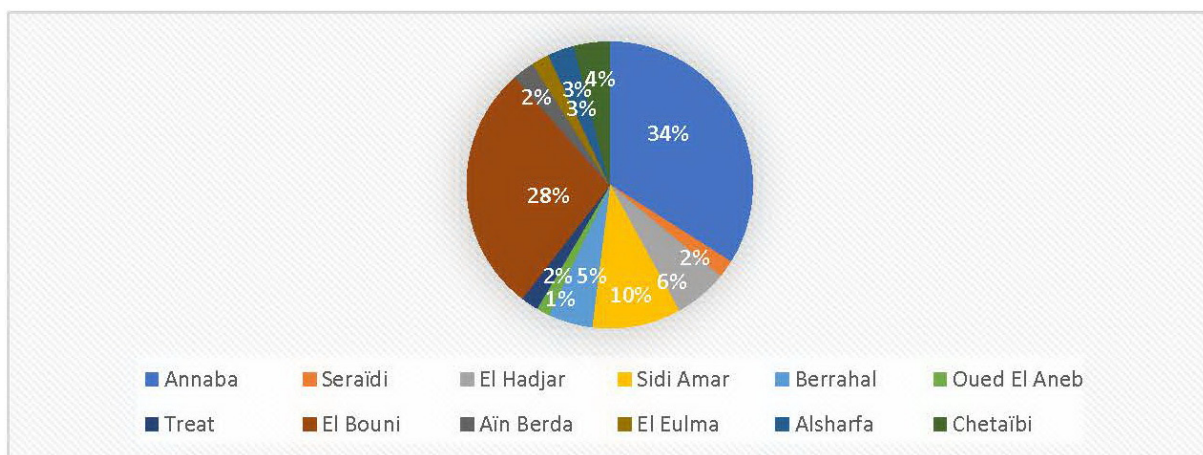


Figure 5 – Distribution of the Population of the Province of Annaba by Municipality

Source: Prepared by the researchers based on data provided by the Directorate of Programming and Budget Monitoring of the Province of Annaba.

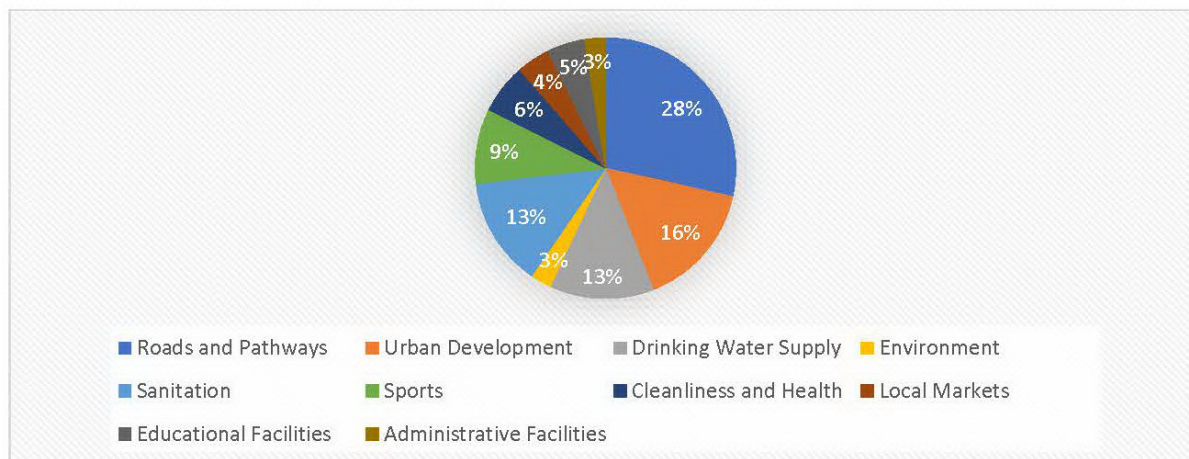


Figure 6 – Registered Projects within the Municipal Development Plans for the Year 2022

Source: Prepared by the researchers based on data provided by the Directorate of Programming and Budget Monitoring of the Province of Annaba.

thereby addressing the concerns and needs of citizens.

Decentralized Sectoral Programs (PSD)

The sectoral programs are one of the main elements of public investment directed towards development at the national level, implemented by the regional authorities. These programs encompass various major activity sectors such as infrastructure, services, and economic and social activities, covering a wide geographical area at the regional level and sometimes including other regions, particularly concerning roads and water resources. Under this program, the province benefited in 2022 from a state equipment budget amounting to 5,539,300,000 DZD, of which 2,408,600,000 DZD was allocated to decentralized

sectoral programs, registering 19 projects as detailed in the following table 2 and figure 7.

The municipalities of Annaba and El Bouni received 5 and 4 projects, respectively. Meanwhile, the municipality of Sidi Amar received 3 projects within the decentralized sectoral program. The remaining registered projects were distributed among other municipalities such as El Chouhada, Chetaibi, and El Eulma. It is worth noting that the financial allocations and projects designated for each municipality were distributed based on specific criteria, including population density and the projects proposed by the municipalities. This methodology allowed for creating a balance between municipalities and diversifying the

Table 2 – Registered Projects within the Decentralized Sectoral Program for the Year 2022

Sector	Number of Projects	Financial Allocation (DZD)
Road Infrastructure	04	1,387,737,000
Youth and Sports	10	929,600,000
Training and Workforce	01	9.000.000
Health	04	82.263.000
Total	19	2,408.600.000

Source: Prepared by the researchers based on data provided by the Directorate of Programming and Budget Monitoring of the Province of Annaba.

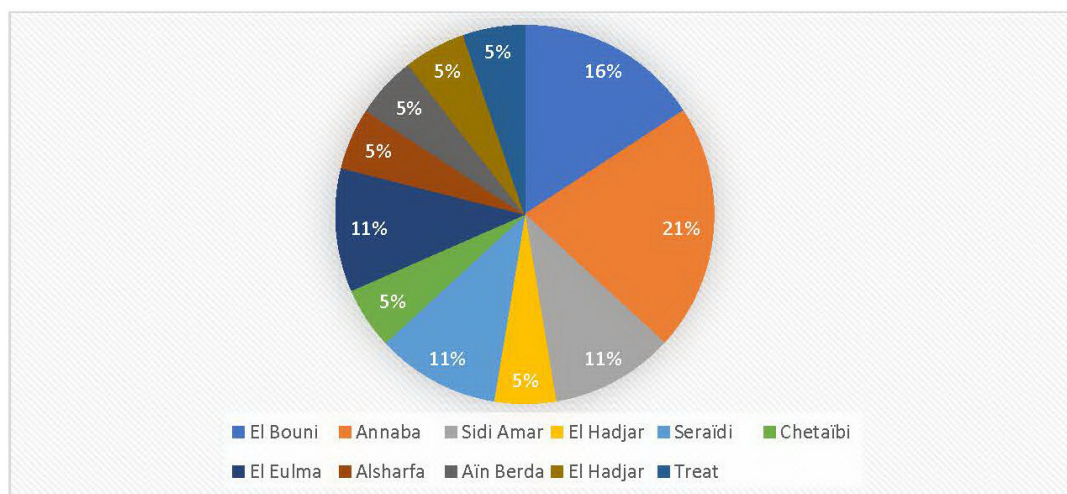


Figure 7 – Distribution of Registered Projects within the Decentralized Sectoral Program for the Year 2022 by Municipality

Source: Prepared by the researchers based on data provided by the Directorate of Programming and Budget Monitoring of the Province of Annaba.

proposed projects for registration, thereby addressing the concerns and needs of citizens.

3.4 Status of Investment Projects in the Province of Annaba

Industrial real estate in the Province of Annaba is concentrated in 5 industrial zones: Berrahal, El Bouni, Sidi Amar, El Hadjar, and Ain Berda, as illustrated in the following figure 8 and table 3.

The total number of registered projects in the province reached 314, some of which were operational and others under construction. These projects occupied an area estimated at 749.95 square hectares with full capacity in some industrial areas such as El-Hadjar, Sidi Amar, and El-Bouni, as well as the old industrial area of Berrahal. Subsequently, a new industrial area in Berrahal, estimated at 367 square hectares, is under development. As for the distribution of projects by sector, it is illustrated in the following figure 9.

The previous figure illustrates the distribution of projects by sector of activity, where the largest percentage is for the food industries with 82 projects, followed by the pharmaceutical and home appliance industries, respectively. Then come the chemical industries and services, and finally, the traditional industries, which

had the lowest percentage among the aforementioned sectors.

3.5 Obstacles and Efforts for Local Development in the Annaba Province

Through the field internship conducted in the Annaba Province, specifically at the Directorate of Programming and Budget Monitoring of the Annaba Province, in addition to the tangible reality data, it is found that there are many obstacles hindering comprehensive local development in the Annaba Province. The most notable obstacles can be summarized as follows:

- Despite the efforts made, bureaucracy remains one of the main problems hindering local development in the Annaba Province, through complex administrative procedures, pervasive routine, and extreme slowness in issuing orders and decisions.
- The provincial administration suffers from a significant shortage in the staffing and professional competence of employees and users.
- Regarding projects, the Annaba Province suffers from the lack of land provision for investors and businessmen, which results in missed opportunities for financial or practical benefits and reduces the scale of unemployment.

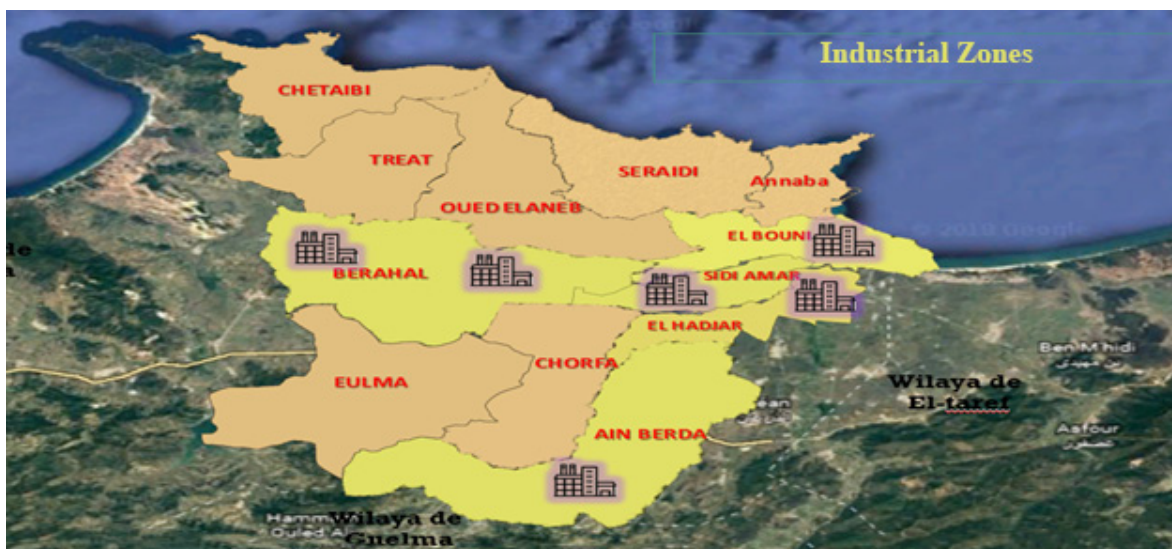


Figure 8 – Distribution of Industrial Zones in the Province of Annaba

Source: Directorate of Programming and Budget Monitoring of the Province of Annaba.

Table 3 – General Data on Industrial Zones in the Province of Annaba

Designation	Area (ha)	N. Plots	Area of Plots (ha)	N. Allocated Plots	Allocated Area (ha)	N. Vacant Plots	Vacant Area (ha)	Development Status	N. Projects
Al Hadjar	1174	68	101.6	68	101.6	0	0	Prepared	61
Sidi Amar	62.59	57	55.8	57	55.8	0	0	Prepared	50
Berrahal	121.8	86	116.8	84	115.42	2	1.38	Prepared	63
El Bouni	50.68	62	40.05	62	40.05	0	0	Prepared	50
Ain Berda	101	140	79.1	107	62.5	33	16.6	In Progress	82
Berrahal	367	32	356.6	13	22.32	10	334.3	Unprepared	8
Total	820.5	436	749.95	391	397.69	45	352.28	/	314

Source: Prepared by the researchers based on data provided by the Directorate of Programming and Budget Monitoring of the Province of Annaba.

– Weak performance foundations and standards and the lack of incentive systems.

– Natural factors, where climate changes, especially drought waves resulting from unprecedented high temperatures in the province, have had severe effects, with agricultural production in the province declining dangerously, unlike previous periods when the province was considered an important food basket for Algeria.

– Many development projects are in a state of freeze, which has contributed to slowing the development pace of the province, especially those half-completed projects. Here we record 96 stalled projects at a rate of 31%, representing a third of the registered projects in the Annaba Province, which is a very high percentage.

To address the various aforementioned obstacles, a provincial committee was established pursuant to

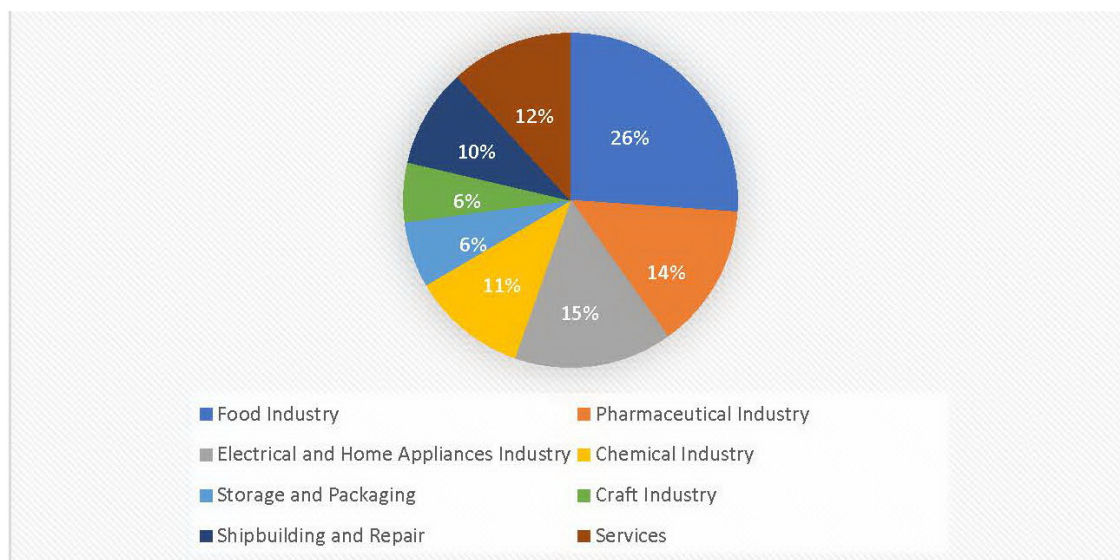


Figure 9 – Distribution of registered projects by sector of activity

Source: Prepared by the researchers based on the data provided by the Directorate of Programming and Budget Monitoring of the Province of Annaba.

Provincial Decision No. 21/3450 dated October 24, 2021, and expanded to include the district heads to inspect facilities and grant operating licenses. A sub-provincial committee was also established pursuant to Decision No. 22/380 dated January 6, 2022, to inspect investment projects and assess their readiness for review by the committee. Consequently, the following measures were taken to overcome those obstacles:

- A unit was established to study building permits, where 36 building permits were issued to investors, thus providing 1,000 jobs in workshops to implement these projects, and upon entering the operational phase, they will provide 1,500 direct jobs.

- Requests for activity change were studied by the CALPIREF committee, which was reactivated to consider requests from investors with stalled projects due to requests to change their activity to meet market demands. Approval was granted, enabling 11 investors to change their activity and granting them updated new privilege decisions with the new and required activity.

- Additionally, it is necessary to take into account government instructions regarding the promotion of the national economy in the field of investment promotion,

particularly:

- Reviewing the legal texts related to economic real estate.
- Recovering unused industrial land, as there are lands granted to investors for 10 years but have not been utilized until now.
- Industrial land should be granted based on the terms of reference, with the first clause being that if the land is not utilized after 6 months, it is withdrawn from the investor; the land is for those who work it.
- Involving private investors in developing these areas through cooperatives to reduce the burden on the state.
- Reviving the spirit of entrepreneurship among the youth.
- Working to put the one-stop-shop into service from now until the end of the year, enabling national and foreign investors to benefit from its services.

Conclusion

The topic of local development has gained increasing attention in many countries, particularly in developing nations, either at the level of their economic policy or in academic and scientific research. Local development aims to address the developmental imbalance these

countries generally suffer from, especially given the changing nature of the state's role and the fact that local development is primarily linked to internal factors that can be largely controlled rather than external factors that are difficult to manage.

Algeria is currently striving to achieve comprehensive and sustainable local development to permanently overcome the problems and crises it faces, like other developing countries. The results of the study on the reality of local development in the Annaba Province, serving as a model for Algerian provinces, revealed significant efforts by the government to support local development in the province through: funding various infrastructure plans (PCD) and decentralized sectoral programs (PSD), contributing to the establishment and development of industrial areas in the province, involving private investors, and promoting entrepreneurship among the youth, among other measures. However, there remain numerous obstacles preventing the enhancement and sustainability of local development in the Annaba Province, including bureaucracy, weak human resource training, lack of land availability for investors, weak performance standards, lack of incentive systems, natural factors, etc., which have resulted in a third of the province's projects being stalled and incomplete.

Based on this, the following suggestions can be offered to support local development in the Annaba Province:

- Ensure integrated local development, as local development must adopt a comprehensive concept

from social development to political, economic, ethical, psychological development, and the development of education, scientific research, and technology.

- Activate the role of the General Inspectorate of the province in terms of oversight and coordination with the regional audit chambers of the Regional Court of Accounts to assist the governor in eliminating manipulation in the ways projects are granted and executed.

- Encourage local investment in the province by incentivizing it through tax reductions and various other facilitations.

- Adopt a wide-ranging agricultural reform program in the province that includes organizing land ownership and redistribution, alongside focusing on traditional and family farming in municipalities and districts.

- Continue supporting the creation of small and medium-sized enterprises, facilitating their access to funding and other measures that help incubate and develop them. Given that the topic of start-ups is currently gaining significant momentum in Algeria, support for youth, especially university graduates, in realizing their start-up projects should be continued.

- Within the Ministry of the Interior's efforts to modernize the sector, it is necessary to increase the training level of administrative and technical employees of the province to raise efficiency levels, in addition to continuing the digitization approach in the province and generalizing it.

REFERENCES

Abboudi, N. (2014). Sustainable Local Development in the Province of Guelma: Realities and Perspectives. *Thesis to obtain the grade of Doctor in Urban Planning*. Constantine, Algeria: University of Constantine 3.

Bahouri, N. (2023). Social Policy and Its Role in Achieving Local Development in Algeria. *Journal of Echoes Legal and Political Studies*, 6(1), pp. 154–173.

Bendiabdellah, A., Benabou, D. and Tabeti, H. (2014). Governance and Local Development in Algeria: Illustration of the Perception of Local Actors through the Use of Cognitive Mapping. *Journal of Economics and Management*, 13(1), pp. 48–55.

Benmahdi, H. and Benberrah, S. (2024). The Impact of the Contribution of Transport Means in Achieving Sustainable Local Development Programmes: The Case of Algeria. *International Journal of Professional Business Review*, 9(7), pp. 1–20.

Boubir, H. (2018). A Participatory Strategy for Local Development: The Case of the Territory of Tébessa in Algeria. *Romanian Journal of Geography*, 62(1), pp. 99–113. doi:10.30892/gtg40122-818.

Boulhila, S., Alouat, M., Rezzaz, M. and Schmitz, S. (2022). Towards Development Models of Local Cultural Tourism through the Involvement of Local Actors (Province of Constantine, Algeria). *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 40(1), pp. 9–19. doi:10.30892/gtg40101-797.

- Douli, S. and Slimani, I. (2016). Tourism Impact on the Social Development in Algeria. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 7(4), pp. 55–59.
- Elliott, R. and Timulak, L. (2021). *Essentials of Descriptive-Interpretive Qualitative Research: A Generic Approach*. Washington: American Psychological Association.
- Ferdj, Y. (2020). The Process of Local Development in Algeria: Exploratory Study of the Case of the Province of Blida. *Journal of Economy and Human Development*, 11(3), pp. 373–387.
- Ferdj, Y., Hamadi, A. and Datoussaid, A. (2023). Local and Territorial Economic Development in Algeria: State of Play. *Journal of Business and Trade Economics*, 8(1), pp. 510–530.
- Fertas, L., Alouat, M. and Benmahamed, H. (2022). Thermal Tourism as a Driver of Local Development: An Illustration of Opportunities and Constraints. Case Study of Hammam-Guergour in the Province of Setif, Algeria. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 40(1), pp. 136–143. doi:10.30892/gtg40116-812.
- Herizi, R. and Belkacem, D. (2016). Local Industrial Development in Algeria. *Journal of Business and Retail Management Research*, 10(3), pp. 24–33.
- Jouen, M., Kolosy, K., Pellegrin, J., Ramsden, P., Szegvani, P. and Chambon, N. (2010). Cohesion Support for Local Development: Best Practice and Future Policy Options. *Final Report*. European Commission.
- Kelfaoui, A., Rezzaz, M. and Kherrou, L. (2021). Revitalization of Mountain Rural Tourism as a Tool for Sustainable Local Development in Kabylie (Algeria): The Case of Yakouren Municipality. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 34(1), pp. 112–125. doi:10.30892/gtg.34115-626.
- Kisman, Z. and Tasar, I. (2014). The Key Elements of Local Development. *Journal of Procedia Economics and Finance*, 15, pp. 1689–1696. doi:10.1016/S2212-5671(14)00642-X.
- Lamrani, L. (2021). *Actors, Territorial Dynamics, and Local Development: The Case of the Soummam Valley in Algeria. Thesis to Obtain the Grade of Doctor in Economic Sciences*. Grenoble, France: University of Grenoble Alpes.
- Milán-García, J., Uribe-Toril, J., Ruiz-Real, J. and De Pablo Valenciano, J. (2019). Sustainable Local Development: An Overview of the State of Knowledge. *Resources*, 8(1), pp. 1–18. doi:10.3390/resources8010031.
- Nina, D.A., Fernandez, G.Q. and Cuesta, P.S. (2019). Describing Local Development in Indigenous Peoples. *Journal of Sustainable Development*, 12(1), pp. 148–155. doi:10.5539/jsd.v12n1p148.
- Nyseth, T. and Hamdouch, A. (2019). The Transformative Power of Social Innovation in Urban Planning and Local Development. *Journal of Urban Planning*, 4(1), pp. 1–6. doi:10.17645/up.v4i1.1950.
- Ruiz-Real, J., Uribe-Toril, J., De Pablo Valenciano, J. and Pires Manso, J. (2019). Ibero-American Research on Local Development: An Analysis of Its Evolution and New Trends. *Resources*, 8(3), pp. 1–16. doi:10.3390/resources8030124.
- Sekuła, A. (2022). *Local Development – The Definition Aspect in the 21st Century. Company at the Turn of the 21st Century*. Rzeszów: University of Technology.
- Tomasi, S., Paviotti, G. and Cavicchi, A. (2020). Educational Tourism and Local Development: The Role of Universities. *Sustainability*, 12(14), pp. 1–15. doi:10.3390/su12176766.
- Xu, K. and Wu, W. (2022). Geoparks and Geotourism in China: A Sustainable Approach to Geoheritage Conservation and Local Development – A Review. *Land*, 11(9), pp. 1–20. doi:10.3390/land11091493.

Информация об авторах

Information about the authors

Абубакер Хуалед

Доцент А, докторант, соискатель степени доктора экономических наук, старший преподаватель факультета экономических наук и менеджмента, Университет имени Баджи Мохтара, Аннаба, Алжир.

E-mail: aboubaker.khoualed@univ-annaba.dz

Абдельгани Лебза

Аспирант, соискатель степени кандидата экономических наук (в области менеджмента), Университет имени Касди Мербаха, Уаргла, Алжир.

Али бин Тайиб

Доцент В, докторант, соискатель степени доктора экономических наук (в области менеджмента), Университет имени Абд аль-Хафиза Буссуфа, Мила, Алжир.

Aboubaker Khoualed

Associate Professor A, Doctorate in Economics, Senior Lecturer in the Faculty of Economic Sciences and Management, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria.

E-mail: aboubaker.khoualed@univ-annaba.dz

Abdelghani Lebza

Postgraduate Student, PhD Student in Management, Kasdi Merbah University, Ouargla, Algeria.

Ali Ben Tayeb

Associate professor B, Doctorate in Management, Abdelhafid Boussouf University Center, Mila, Algeria.

1. Научно-технический журнал «Вестник Витебского государственного технологического университета» выходит четыре раза в год.

2. К печати допускаются статьи по трем тематическим направлениям:

I. **«Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности»**, включающее статьи по технологии производства, материаловедению, товароведению, экспертизе и безопасности текстильных, швейных, обувных и кожевенно-галантерейных изделий.

II. **«Химическая технология»**, включающее статьи, в которых рассматриваются физико-химические основы химической технологии волокнистых материалов, технологии получения и переработки полимеров и композитов на их основе, оборудование химических производств, а также способы рационального использования материальных ресурсов в промышленности.

III. **«Экономика»**, содержащее статьи по исследованию экономических и бизнес-процессов в промышленности, включая интеграционные и кооперационные связи в рамках региональных объединений и межотраслевых структур.

3. В журнале публикуются статьи следующих видов:

- научная статья;
- обзорная статья;
- заметки редактора.

4. Рукописи, направляемые в журнал, должны являться оригинальным материалом, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

5. К рукописи статьи необходимо приложить следующие материалы:

- заявку с указанием названия статьи, тематического направления (из п. 2), к которому она подается, вида статьи (из п. 3), со списком авторов и их личными подписями. В заявке авторы должны гарантировать, что статьи не публиковались ранее в других изданиях в их нынешней или близкой по содержанию форме, не находятся на рассмотрении в редакциях других изданий и все возможные конфликты интересов, связанные с авторскими правами и опубликованием рассматриваемых статей, урегулированы. Также в заявке необходимо указать согласие авторов на размещение полного текста статьи в сети Интернет;

– аннотацию на русском языке объемом 150–250 слов. Аннотация призвана выполнять функцию независимого источника информации, должна быть информативной,

оригинальной, структурированной. В аннотации должна быть отражена актуальность темы исследования, постановка проблемы, цель и методы исследования, полученные результаты. В случае выполнения исследований в рамках финансируемых проектов или грантов после текста аннотации необходимо указать источник финансирования;

- перевод аннотации на английский язык;
- ключевые слова на русском и английском языках (5–8 слов или выражений);
- сопроводительное письмо от организации, где выполнялась работа, или выписка из протокола заседания кафедры (для авторов, являющихся сотрудниками ВГТУ);
- экспертное заключение о возможности опубликования представленных материалов в открытой печати;
- справку, содержащую сведения об авторах (место работы, должность, ученая степень, адрес, телефон, e-mail, идентификационный номер ORCID, если они имеются) – на русском и английском языках;
- электронный вариант всех материалов, кроме сопроводительного письма (выписки из протокола заседания кафедры) и экспертного заключения.

6. Направляемые в редакцию журнала статьи должны иметь следующую структуру: индекс УДК; название статьи; фамилии и инициалы авторов; текст статьи; список использованных источников.

7. Статья должна содержать следующие разделы:

- введение, включающее обоснование актуальности рассматриваемой проблемы, характеристику состояния проблемы до начала ее изучения авторами со ссылками на источники информации, цель исследований;
- методы и средства исследований, в том числе, авторские методики, если они использовались при выполнении работы;
- результаты исследований;
- анализ полученных результатов с точки зрения их научной новизны и в сопоставлении с соответствующими известными данными и высказанными при постановке задачи гипотезами;
- выводы.

Выводы не должны носить констатирующий характер и содержать сведения, отсутствующие в основном тексте статьи.

8. Оформление ссылок на используемые источники и их библиографического описания осуществляется в соответствии со стандартом Harvard (Harvard

reference system) согласно отдельной инструкции.

9. Список использованных источников должен включать ссылки на актуальные научные публикации по теме статьи. Количество источников в научной статье включает не менее 15 наименований, в обзорной статье – не менее 30 наименований.

10. Не менее 50 % списка источников должны составлять ссылки на научные публикации, изданные в течение последних 10 лет. Излишнее самоцитирование не допускается. Количество ссылок на работы автора (соавторов) статьи не должно превышать 25 % от числа цитируемых научных публикаций.

11. Список должен содержать не менее 30 % источников в изданиях, включенных в ведущие международные наукометрические базы (Scopus, Web of Science).

12. В список источников не включаются стандарты, другие нормативные документы, методические рекомендации, статистические бюллетени, сайты ненаучного содержания. Ссылки на подобные источники оформляются в виде примечаний по тексту статей.

13. Оформление статьи должно удовлетворять следующим требованиям:

- статьи подаются на русском или английском языке;
- текст статьи, аннотации и ключевые слова набираются шрифтом Arial, 11 пт, с полями страницы (верхнее, нижнее, левое, правое) – 20 мм и одинарным межстрочным интервалом;
- страницы рукописи статьи должны быть пронумерованы;
- объем научной статьи без учета аннотации и списка использованных источников должен составлять от 20 000 до 40 000 печатных знаков (6–12 страниц); объем обзорной статьи – не менее 10 страниц;
- в файлах не должно быть макросов, колонтитулов и других сложных элементов форматирования за исключением нумерации страниц;
- исключается автоматическая или ручная расстановка переносов;
- формулы набираются в редакторе формул, совместимым с Microsoft Word, полужирным курсивом;
- таблицы располагаются после первого упоминания в тексте. При этом они не должны дублировать сведения, отображенные на графиках. Заголовки таблиц располагаются по центру страницы. Табличные данные – по центру или выравниваются по левому краю. Заливка не используется;

– иллюстрации располагаются после первого упоминания о них в тексте. Каждая иллюстрация должна иметь подрисуючную надпись (Arial, 10 пт). Графики и диаграммы представляются как рисунки, выполняются в графическом редакторе, совместимым с Microsoft Word. Фотографии должны иметь контрастное изображение;

– иллюстрации, графики, диаграммы, фотографии должны быть сохранены на электронном носителе каждый отдельным файлом в стандартах растровой графики и следующим форматом: JPEG; RAW; TIFF; BMP; PSD; PCX; PNG, разрешением не менее 300 dpi;

– в случае оформления графиков, диаграмм, схем и других иллюстрации с использованием программ Excel и PowerPoint авторы должны дополнительно представить исходные файлы электронных таблиц, презентаций и т. д.;

– иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. Нумерация формул приводится арабскими цифрами в круглых скобках по правому краю страницы;

– в случае представления статьи на русском языке необходимо дополнить подрисуючные надписи и названия таблиц переводом на английский язык;

– распечатка статьи должна полностью соответствовать приложенному файлу.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются.

14. Авторы статей несут ответственность за достоверность приводимых в статье данных и результатов исследований.

15. Редакция не взимает плату за опубликование научных статей.

16. Редакция предоставляет возможность первоочередного опубликования статей, представленных лицами, осуществляющими послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство) в год завершения обучения.

17. Поступившие в редакцию статьи после предварительной экспертизы на соответствие предъявляемым требованиям направляются двум специалистам для проведения «слепого» рецензирования. Окончательное решение о публикации принимается на заседании редакционной коллегии с учетом результатов рецензирования.

18. Отклоненные редколлекцией рукописи статей авторам не возвращаются.

19. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения в тексте статьи, аннотации, не искажающие основное содержание статьи. Сверстанные тексты статей до опубликования направляются авторам для согласования.

20. Статьи представляются в редакцию по адресу: 210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72, Берашевич Ирине Васильевне. Электронный вариант материалов допускается направлять по электронной почте на адрес vestnik-vstu@yandex.by ответственному секретарю редакционной коллегии Рыклину Дмитрию Борисовичу.

ОФОРМЛЕНИЕ ССЫЛОК НА ИСТОЧНИКИ И СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Для цитирования информационных ресурсов рекомендуется использовать Гарвардский стиль оформления (Harvard).

Ссылка на источник приводится в скобках и состоит из фамилии автора на языке источника и года публикации (Smith, 2020).

Если цитируются несколько источников в одних круглых скобках, следует перечислить их в том же порядке, в котором они указаны в списке литературы, и использовать точку с запятой для их разделения (Johnson, 2015; Smith, 2014).

Цитата приводится в кавычках с указанием номера страницы "After that I lived like a young rajah in all the capitals of Europe..." (Fitzgerald, 2018, p. 43).

Если материал был создан несколькими лицами, их фамилии принято разделять союзом "and" (в русскоязычных источниках – союзом "и"). Два автора (Johnson and Williams, 2019). Три автора (Taylor, Fisher and Brown, 2014). Если авторами выступает более трех индивидов, то делается пометка et al. (Harrison et al., 2016).

Для различения авторов с одной фамилией применяются инициалы; для работ одного автора, опубликованных в одном году – латинская буквенная идентификация, например, (Ivanov, 2017a, 2017b).

Если авторы источника не указаны, используется название источника, помещенное в кавычки, и выделенное курсивом "Psychology of pressure" (2010).

Список использованных источников

В соответствии с требованиями отечественных и международных баз данных, для обеспечения качественной и точной оценки цитируемости научных работ в рукописях необходимо приводить два списка источников:

1. Список источников на языке оригинала.

Библиографическое описание оформляется следующим образом (таблица 1).

При наличии в источнике четырех и более авторов необходимо перечислить всех авторов в библиографической записи. Пунктуация должна быть следующей: два автора, отделяются "and" без запятой; несколько авторов, разделяются запятыми, но последняя фамилия должна быть связана с предыдущей "and" без запятой. Ingram, T.N., Laforge, R.W., Schwepker, T.V. and Williams, M.R. (2007).

Источники одного и того же автора должны быть упорядочены по году публикации. Если в одном году опубликовано несколько произведений одного и того же автора, они располагаются в алфавитном порядке названий.

При наличии в описании источника электронного идентификатора DOI, он указывается в конце библиографического описания в списке источников.

2. Список с переводом на английский язык библиографических данных тех источников, которые изданы на других языках (References).

Если все источники изданы на английском языке, второй список не оформляется. Для русскоязычных источников в References в конце описания после указания диапазона страниц в круглых скобках указывается идентификатор языка первоисточника (In Russian).

Библиографическое описание оформляется следующим образом (таблица 2).

Библиографические данные в обоих списках нумеруются и располагается в алфавитном порядке по первой букве первого слова каждого источника (обычно это фамилия первого автора, если авторы не указаны,

Таблица 1

Статья в научном журнале	Фамилия, И.О. (год). Название статьи. <i>Название издания курсивом</i> , vol. номер тома, no. номер выпуска (если он есть), pp. номера страниц статьи.
Книга	Фамилия, И.О. (год). <i>Название курсив.</i> Город: издательство, страна.
Электронный ресурс	Автор (год), "Название статьи", [Online], полный URL, (дата обращения (Accessed, если источник на английском языке): дд.мм.гггг).

Таблица 2

Статья в научном журнале	Фамилия, И.О. (год). Перевод названия статьи на английский язык [Название в транслитерации]. <i>Название издания в транслитерации = на английском языке курсивом</i> , vol. номер тома, no. номер выпуска (если он есть), pp. номера страниц статьи (In Russian).
Книга	Фамилия, И.О. (год). <i>Название в транслитерации курсивом</i> [Название на английском языке]. Город: издательство, страна (In Russian).

то по названию). В начале списка перечисляются русскоязычные источники, затем иностранные.

Библиографическое описание источников, включенных в международные наукометрические базы (Scopus, Web of Science), выделяются желтым цветом.

Подробные рекомендации по составлению списков литературы по стандарту Harvard представлены на сайте <https://www.emeraldgroupublishing.com/how-to/authoring-editing-reviewing/use-harvard-reference-system>.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ВЕСТНИК

**ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

№ 3 (49)

Дизайн **Дударева Д. Д., Погорельская С. И.**

Вёрстка издания **Погорельская С. И.**

Редактор издания **Никифорова Р. А., Прокопюк А. С.**

Подписано в печать 25.11.2024. Печать цифровая. Гарнитура Akrobat, Inter Tight.
Усл. печ. листов 21,0. Уч.-изд. листов 19,5. Формат 60x90 1/8. Тираж 100 экз. Заказ № 512.

Свёрстано и подготовлено к печати издательским сектором Витебского государственного технологического университета 210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

Полиграфическое исполнение – Республиканское унитарное предприятие «Информационно-вычислительный центр Министерства финансов Республики Беларусь»
220004, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Кальварийская, 17.
ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 года.

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь № 1235 от 8 февраля 2010 г.