

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»**

---

**МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (5), 2020



Витебск

УДК 67/68  
ББК 37.2

**Материалы и технологии** – научный рецензируемый журнал Витебского государственного технологического университета, публикующий оригинальные научные исследования, касающиеся вопросов легкой и текстильной промышленности. Периодичность выхода журнала – два раза в год.

**Главный редактор:** д.т.н., проф. Кузнецов А.А.  
**Заместитель главного редактора:** д.э.н., проф. Ванкевич Е.В.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Председатель редакционной коллегии:** к.т.н., доц. Дягилев А.С.  
**Члены редколлегии:** к.т.н., доц. Акиндинова Н.С., к.т.н., доц. Борисова Т.М.,  
к.т.н. Жерносек С.В., к.т.н., доц. Зимина Е.Л.,  
к.э.н., доц. Коробова Е.Н., к.т.н. Костин П.А.,  
к.т.н. Мурычева В.В., к.т.н., доц. Самутина Н.Н.

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

д.т.н., проф. Буркин А.Н. (Беларусь),  
д.т.н., проф. Горбачик В.Е. (Беларусь), к.т.н., доц. Казарновская Г.В. (Беларусь),  
д.т.н., проф. Коган А.Г. (Беларусь),  
д.т.н., проф. Разумеев К.Э. (Россия), д.т.н., проф. Севостьянов П.А. (Россия),  
д.т.н., проф. Шустов Ю.С. (Россия)

**ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ:**

Бизюк А.Н., Степанов Д.А.

Сайт журнала: <http://mat-tech.vstu.by>

Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72

УДК 67/68  
ББК 37.2  
© УО «ВГТУ», 2020

**MINISTRY OF EDUCATION  
THE REPUBLIC OF BELARUS**

**Educational Institution  
Vitebsk State Technological University**

---

# **MATERIALS AND TECHNOLOGIES**

SCIENTIFIC JOURNAL

№ 1 (5), 2020



Vitebsk

UDC 67/68  
BBC 37.2

**Materials and Technologies** is a scientific peer-reviewed journal of Vitebsk State Technological University, which publishes original scientific research, issues of light and textile industry. The journal is published twice a year.

**Editor-in-Chief:** *Prof., DSc(Eng)*, Andrey Kuznetsov.  
**Deputy Editor-in-Chief:** *Prof., DSc(Econ)*, Alena Vankevich.

#### **EDITORIAL COMMITTEE**

**Chairman:** *Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng)*, Andrey Dyagilev  
**Members:** *Cand. Sc. (Eng)* Natalia Akindinova, *Cand. Sc. (Eng)* Tatsiana Barysava,  
*Cand. Sc. (Eng)* Sergey Zhernosek,  
*Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng)*, Alena Zimina,  
*Assoc. Prof., Cand. Sc. (Econ)* Alena Korabava,  
*Cand. Sc. (Eng)* Pavel Kostin, *Cand. Sc. (Eng)* Viktoriya Murycheva,  
*Assoc. Prof., Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng)* Natallia Samutsina

#### **EDITORIAL COUNCIL:**

*Prof., DSc(Eng)* Alexander Byrkin (Belarus),  
*Prof., DSc(Eng)* Vladimir Gorbachik (Belarus),  
*Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng)* Galina Kazarnovskaya (Belarus),  
*Prof., DSc(Eng)* Aleksander Kogan (Belarus),  
*Prof., DSc(Eng)* Konstantin Razumeev (Russia), *Prof., DSc(Eng)* Peter Sevostianov (Russia),  
*Prof., DSc(Eng)* Yuri Shustov (Russia)

#### **TECHNICAL BODY:**

Andrei Biziuk, Dmitri Stepanov

The website of the journal: <http://mat-tech.vstu.by>

Republic of Belarus, Vitebsk, Moscow av., 72

**UDC 67/68**  
**BBC 37.2**  
© EI «VSTU», 2020

# СОДЕРЖАНИЕ

## Отделка

- Нетрадиционный способ придания мягкости хлопкольняным махровым изделиям  
*К.А. Котко, Н.Н. Ясинская, Н.В. Скобова* ..... 7

## Швейное производство

- Виртуальное 3D-эскизирование в имитационном проектировании и конфекционировании меховой одежды  
*В.С. Белгородский, М.А. Гусева, Е.Г. Андреева, М.И. Алибекова* ..... 11

## Композиционные материалы

- Метод получения высокопротеиновых фитокомполитов с использованием вторичных продуктов льнопереработки  
*С.В. Алеева, О.В. Лепилова, С.А. Кокиаров* ..... 19

## Обувь и кожевенно-галантерейные изделия

- Вкладыш для низа обуви с использованием отходов обувной и меховой промышленности  
*А.Н. Радюк, Т.О. Андреева, И.А. Буланчиков, А.Н. Буркин* ..... 26

## Энергоэффективность

- Исследование эффективности пластинчатого теплообменника  
*В.И. Столяренко, С.В. Жерносек, В.И. Ольшанский, А.С. Марущак, В.Ю. Мовсесян* ..... 33

## Дизайн

- Хан атлас и бекасам: традиция, современность  
*Б.П. Торебаев, З.И.Рахимова* ..... 39

## Экономика

- Налог на прибыль и нормируемые затраты  
*Т.В. Касаева, О. В. Васёха* ..... 44

- Направления использования искусственного интеллекта в организации производства на предприятиях легкой промышленности  
*И.Н. Калиновская, А.О. Завьялова* ..... 50

# CONTENTS

## Finishing

- Non-Traditional Method of Adding Softness to Flax-Containing Cotton Terry Products**  
*K. Katko, N. Yasinskaya, N. Skobova*..... 7

## Clothing industry

- Virtual 3D Sketching in Imitation Design and Confectioning of Fur Clothes**  
*V. Belgorodsky, M. Guseva, E. Andreeva, M. Alibekova* ..... 11

## Composite materials

- Method for Processing of High-Protein Phytocomposites Using the Flax Processing Waste**  
*S. Aleeva, O. Lepilova, S. Koksharov* ..... 19

## Footwear and leather haberdashery

- Filler for the Shoe Bottom Using Waste from the Footwear and Fur Industry**  
*A. Radyuka, T. Andreeva, I. Bulanchikov, A. Burkin* ..... 26

## Energy efficiency

- Development of Research Methods for Performance Properties of Composite Layered Materials**  
*V. Stolyarenko, S. Zhernosek, V. Olshansky, A. Marushchak, V. Movsesyan* ..... 33

## Design

- Khan Atlas and Snipe: Tradition, Modernity**  
*B. Torebaev, Z. Rakhimova* ..... 39

## Economics

- Income Tax and Limited Costs**  
*T. Kasayeva, V. Vasiokha*..... 44

- Directions for Using Artificial Intelligence in Production Organization at Light Industry Enterprises**  
*I. Kalinouskaya, A. Zauyalava* ..... 50

## Нетрадиционный способ придания мягкости хлопкольняным махровым изделиям

К.А. Котко<sup>а</sup>, Н.Н. Ясинская, Н.В. Скобова

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

<sup>а</sup>E-mail: kotya240497@mail.ru

**Аннотация.** В статье описана разработка технологии биоумягчения льносодержащих махровых изделий с использованием ферментных препаратов. Использование данной технологии позволяет достичь максимальной степени мягкости и пушистости, сохранить достигнутый эффект после многократных стирок, улучшить потребительские свойства изделия, сократив при этом расход мягчителя.

**Ключевые слова:** фермент, умягчение, махровые изделия, объемность, драпируемость, перманентность эффекта.

## Non-Traditional Method of Adding Softness to Flax-Containing Cotton Terry Products

K. Katko<sup>a</sup>, N. Yasinskaya, N. Skobova

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

<sup>a</sup>E-mail: kotya240497@mail.ru

**Annotation.** The article describes the development of bio-softening technology for flax-containing terry products using enzyme preparations. Using this technology allows to achieve the maximum degree of softness and fluffiness, to maintain the achieved effect after repeated washing, to improve the consumer properties of the product, while reducing the consumption of the softener.

**Key words:** enzyme, softening, terry products, bulk, drape, permanent effect.

Махровые изделия домашнего обихода белорусских предприятий отличаются широким ассортиментным спектром, яркой цветовой гаммой, устойчивостью к многократным стиркам, а также интересным дизайном. Однако, согласно проведенным опросам, большинство потребителей предпочитают пользоваться штучными изделиями из махровых тканей производства Турции и Китая. Причиной этого являются невысокие органолептические и тактильные оценки свойств отечественной продукции, а именно, изделия белорусских производителей проигрывают конкуренцию из-за недостаточной мягкости и объемности [1].

На кафедре «Экология и химические технологии» УО «Витебский государственный технологический университет» авторами ранее проводились исследования по созданию технологии биоумягчения хлопчатобумажных махровых полотенец с применением ферментных препаратов. Результаты исследования качественных характеристик изделия показали, что в процессе умягчения хлопчатобумажные махровые полотенца достигают максимальных эффектов объемности и мягкого грифа.

В настоящее время производители махровых изделий отдают предпочтение льняным или хлопкольняным тканям, которые ценятся за хорошее влагопоглощение, экологичность, а также за долговечность эксплуатации. Однако высокая сминаемость и природная жесткость льна нравятся далеко не всем потребителям. Таким образом, разработка биотехнологии умягчения является весьма актуальной задачей [1].

Причинами повышенной природной жесткости льняных текстильных материалов являются, прежде всего, присутствие в соединительных тканях между элементарными волокнами одревесневших примесей, то есть сетчатых структур лигнина, а также встречно направленное спиралевидное расположение макрофибрилл целлюлозы в первичной и вторичной клеточных стенках элементарных волокон [2].

Таким образом, целью дальнейших исследований является разработка технологии биоумягчения хлопкольняных махровых изделий.

Решением вопроса придания дополнительных тактильных характеристик махровым изделиям является технология их умягчения. В настоящее время существуют классические способы умягчающей отделки махровых изделий, которые обеспечивают

достижение эффекта за счет нанесения различных видов смягчителей и, при необходимости, последующей их термофиксации. Существенным недостатком известных химических способов умягчающей отделки является кратковременность достигаемого результата и его неустойчивость к бытовым обработкам: в процессе стирок смягчители вымываются из волокна и достигнутый при отделке эффект смягчения заметно снижается при последующей эксплуатации изделий из них [3].

В настоящее время известны способы умягчения текстильных материалов из целлюлозных волокон с использованием энзимных препаратов целлюлолитического и пектинолитического действия [4]. Ферментативная модификация целлюлозных

волокон является инновационным и экологически чистым подходом в решении проблемы умягчения махровых тканей и изделий. Использование биообработки с последующим умягчением текстильного материала позволяет достичь максимальной степени мягкости и пушистости, сохранить достигнутый эффект после многократных стирок, улучшить потребительские свойства изделия, сократив при этом расход смягчителя [5].

В лабораторных условиях кафедры «Экология и химические технологии» проведены экспериментальные исследования по умягчению льносодержащих махровых изделий периодическим способом по двум схемам, представленным в таблице 1.

**Таблица 1 – Этапы процесса умягчения по схемам**

| Схема I  | Схема II   |
|--|--|
| – смачивание;<br>– умягчение текстильно-вспомогательным средством «Полисилоксан» | – смачивание;<br>– энзимная обработка «Энзитекс ЦКП»;<br>– умягчение текстильно-вспомогательным средством «Полисилоксан» |

В качестве объекта исследования выбран образец махрового полотенца производства ОАО «Речицкий текстиль» (Республика Беларусь), процентное содержание хлопка в котором 83 %, льна – 17 %.

Применяемые препараты характеризуются следующими свойствами:

– энзитекс ЦКП (Республика Беларусь) – нейтральная целлюлаза (КМЦ), активность 10000 ед/г, оптимальные условия действия рН от 5,5 до 6,5, рабочая температура 40–60 °С;

– полисилоксан (Республика Беларусь) – слабо катионный мультикомпонентный блок-сополимер, оптимальные условия действия рН 5,0–6,0.

Процесс биообработки материала осуществлялся на автоматической стиральной машине мод. ВО-15.

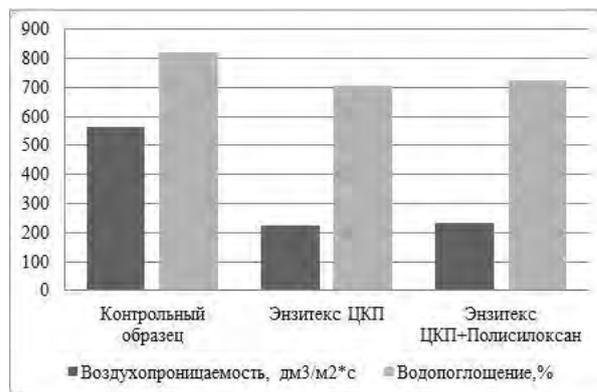
Для оценки эффективности использования энзимных препаратов в технологии умягчения исследованы показатели водопоглощения, воздухопроницаемости, драпируемости и пористости которые представлены на рисунках 1–3.

Согласно ГОСТу 11027-2014 [6], показатель водопоглощения махровых хлопчатобумажных изделий не должен быть ниже 300 %. На рисунке 1 изображена гистограмма водопоглощения махровых изделий. Можно отметить, что данный показатель незначительно снизится при внедрении в технологию энзимной обработки, однако остается соответствующим требованиям ГОСТа.

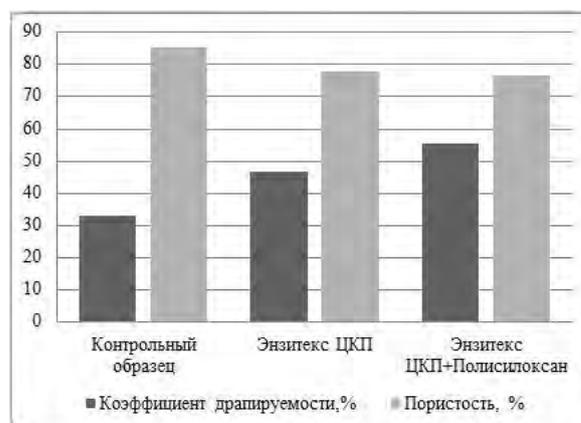
Показатель воздухопроницаемости изделия после операции биоумягчения снижается в среднем на 50 % (рис. 1).

Это объяснимо тем, что, благодаря небольшой усадке изделия, повышается объемность пряжи. Объемность пряжи возрастает, следовательно, воздушные прослойки между переплетениями уменьшаются, создавая эффект «пушистости».

Данный эффект подтверждается показателем пористости изделия (рис. 2).



**Рисунок 1 – Оценка воздухопроницаемости и водопоглощения махровых льносодержащих изделий**

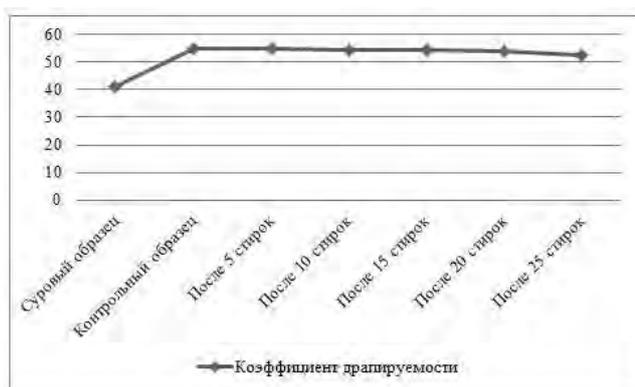


**Рисунок 2 – Оценка пористости и драпируемости льносодержащих махровых изделий**

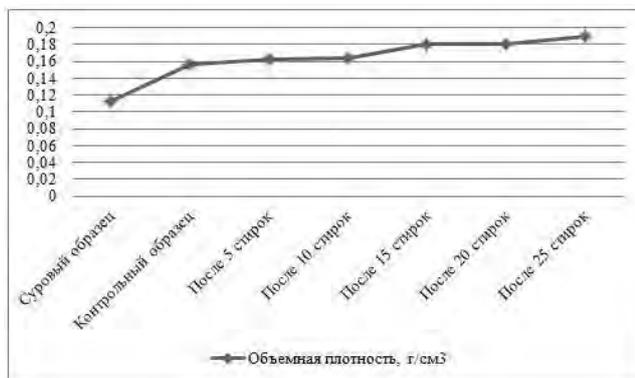
Одной из основных целей обработки является придание изделиям мягкости. Согласно гистограмме, представленной на рисунке 2, показатель коэффициента драпируемости, определяемого по дисковому методу, возрос на 30 % при внедрении в технологию только операцию энзимной стирки, и на 40 % при использовании дополнительно смягчителя.

Проверка сохранения эффекта биоумягчения изделия осуществлялась на автоматической стиральной машине мод. ВО-15 согласно ГОСТу 11209-2014 [7].

Для определения перманентности эффекта принято решение проверить свойства драпируемости дисковым методом и объемной плотности (рис. 3, 4).



**Рисунок 3 – Оценка драпируемости маховых льносодержащих изделий после цикла бытовых стирок**



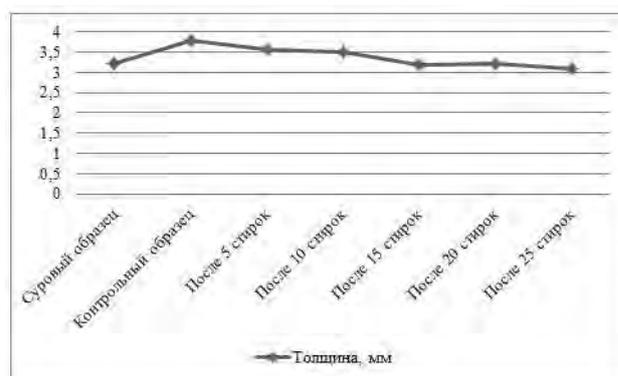
**Рисунок 4 – Оценка объемной плотности маховых льносодержащих изделий после цикла бытовых стирок**

Расчет показателя объемной плотности проводился по формуле 1, г/см<sup>3</sup>:

$$\delta = \frac{1000 \cdot m}{l \cdot b \cdot t}, \quad (1)$$

где *m* – масса точечной пробы, г; *l* – длина точечной пробы, мм; *b* – ширина точечной пробы, мм; *t* – толщина точечной пробы, мм.

Согласно полученным результатам, коэффициент драпируемости изделия незначительно понижается после 25 стирок, а показатель объемной плотности возрастает с увеличением количества стирок, что связано с уменьшением толщины изделия после цикла обработок (рис.5).



**Рисунок 5 – Оценка толщины маховых льносодержащих изделий после цикла бытовых стирок**

Таким образом, можно сделать вывод о том, что биообработка маховых льносодержащих изделий с последующим смягчением позволяет повысить мягкость и объемность, сохраняя при этом все потребительские свойства. Данная технология позволяет не только достичь необходимого результата, снизив расход смягчителя, а соответственно водных и энергетических ресурсов, но также сохранить полученный эффект мягкости и объемности после многократных стирок.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котко, К. А. Экотехнология умягчения хлопкольняных маховых изделий / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Дизайн и технологии. – 2020. – № 73 (115). – С. 53–59.
2. Афанасьева, В. Отделка льняных тканей, проблемы и пути их решения / В. Афанасьева, В. Переволоцкая, Т. Башилова // Русская мануфактура. – 2000.– № 2. – С. 26–28.
3. Скобова, Н. В. Умягчающая отделка льняных постельных тканей / Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская, К. А. Котко // Материалы докладов 52-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2019. – Т. 1. – С. 314–316.
4. Чешкова, А. В. Ферменты и технологии для текстиля, моющих средств, кожи, меха : учебное пособие для вузов / А. В. Чешкова. – И. : ГОУВПО ИГХТУ, 2007. – 282 с.

5. Котко, К. А. Технология биоумягчения махровых хлопчатобумажных изделий / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская // Международная научная конференция, посвященная 110-летию со дня рождения профессора А. Г. Севостьянова : сборник научных трудов, Москва, 10 марта 2020 г. : в 2 ч. / РГУ им. А. Н. Косыгина. – Москва, 2020. – Ч. 2. – С. 243–247.
6. ГОСТ 11027-2014 Ткани и штучные изделия хлопчатобумажные махровые и вафельные. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 11027–80 ; введ. 2016.01.01. – Москва : Стандартиформ, 2015. – 7 с.
7. ГОСТ 11209-2014 Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний. – Взамен ГОСТ 11209–85 ; введ. 2016.01.01. – Москва : Стандартиформ, 2015. – 14 с.

#### REFERENCES

1. Kotko, K. A. Ecotechnology of softening cotton terry products / K. A. Kotko, N. N. Yasinskaya, N. V. Skobova // Design and technologies. – 2020. – №. 73 (115). – P. 53–59.
2. Afanasyeva, V. Finishing of linen fabrics, problems and solutions / V. Afanasyeva, V. Perevolotskaya, T. Bashilova // Russian manufactory. – 2000. – №. 2. – P. 26–28.
3. Skobova, N. V. Softening finishing of linen bed fabrics / N. V. Skobova, N. N. Yasinskaya, K. A. Kotko // Proceedings of the 52nd International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students: in 2 volumes. / UO "VSTU". – Vitebsk, 2019. – Т. 1. – P. 314–316.
4. Cheshkova, A. V. Enzymes and technologies for textiles, detergents, leather, fur: a textbook for universities / A. V. Cheshkova. – I. : GOUVPO IGKhTU, 2007. – 282 p.
5. Kotko, K. A. Technology of bio-softening of terry cotton products / K. A. Kotko, N. N. Yasinskaya // International scientific conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Professor A. G. Sevostyanov: collection of scientific papers, Moscow, March 10, 2020: at 2 o'clock / RSU im. A. N. Kosygin. – Moscow, 2020. – Part 2. – P. 243–247.
6. GOST 11027-2014 Cotton terry and waffle fabrics and piece goods. General technical conditions. – Instead of GOST 11027–80 ; entered 2016.01.01. – Moscow : Standartinform, 2015. – 7 p.
7. GOST 11209-2014 Fabrics for special clothing. General technical requirements. Test methods. – Instead of GOST 11209–85 ; entered 2016.01.01. – Moscow : Standartinform, 2015. – 14 p.

#### SPISOK LITERATURY

1. Котко, К. А. Jekotehnologija umjagchenija hlopkol'njanyh mahrovyh izdelij / K. A. Kotko, N. N. Jasinskaja, N. V. Skobova // Dizajn i tehnologii. – 2020. – № 73 (115). – S. 53–59.
2. Afanas'eva, V. Otdelka l'njanyh tkanej, problemy i puti ih reshenija / V. Afanas'eva, V. Perevolockaja, T. Bashilova // Russkaja manufaktura. – 2000. – № 2. – S. 26–28.
3. Skobova, N. V. Umjagchajushhaja otdelka l'njanyh postel'nyh tkanej / N. V. Skobova, N. N. Jasinskaja, K. A. Kotko // Materialy dokladov 52-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii prepodavatelej i studentov : v 2 t. / UO "VGTU". – Vitebsk, 2019. – Т. 1. – S. 314–316.
4. Cheshkova, A. V. Fermenty i tehnologii dlja tekstilja, mojushhh sredstv, kozhi, meha : uchebnoe posobie dlja vuzov / A. V. Cheshkova. – I. : GOUVPO IGHTU, 2007. – 282 s.
5. Котко, К. А. Tehnologija bioumjagchenija mahrovyh hlopchatobumazhnyh izdelij / K. A. Kotko, N. N. Jasinskaja // Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija, posvjashhennaja 110-letiju so dnja rozhdenija professora A. G. Sevost'janova : sbornik nauchnyh trudov, Moskva, 10 marta 2020 g. : v 2 ch. / RGU im. A. N. Kosygina. – Moskva, 2020. – Ch. 2. – S. 243–247.
6. GOST 11027-2014 Ткани и штучные изделия хлопчатобумажные махровые и вафельные. Общие технические условия. – Взамен GOST 11027–80 ; введ. 2016.01.01. – Москва : Стандартиформ, 2015. – 7 с.
7. GOST 11209-2014 Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний. – Взамен GOST 11209–85 ; введ. 2016.01.01. – Москва : Стандартиформ, 2015. – 14 с.

# Виртуальное 3D-эскизирование в имитационном проектировании и конфекционировании меховой одежды

В.С. Белгородский, М.А. Гусева<sup>а</sup>, Е.Г. Андреева, М.И. Алибекова  
ФГБОУ ВО Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), Российская Федерация  
<sup>а</sup>E-mail: guseva\_marina67@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены интерактивные технологии поиска композиционного решения одежды в виртуальной среде графических САПР. На этапе эскизной проработки проектируемого изделия предложено представлять визуальную информацию об объемно-пространственной форме объекта с помощью 3D графических симуляторов, а на этапе конфекционирования добавлять к ней виртуальное отображение фактуры материала. Промышленная апробация визуализации моделей меховых изделий проведена на основе виртуального макетирования в графической САПР CLO3D, позволяющего в реальном времени вносить изменения в конструктивно-технологическое решение модели и оперативно корректировать конфигурацию плоских шаблонов деталей конструкции, исходя из интерактивных пожеланий заказчика.

**Ключевые слова:** меховая одежда, выделка и отделка меха, виртуальное эскизирование, макетирование и примерка одежды.

## Virtual 3D Sketching in Imitation Design and Confectioning of Fur Clothes

V. Belgorodsky, M. Guseva<sup>a</sup>, E. Andreeva, M. Alibekova  
Kosygin State University of Russia, Russian Federation  
<sup>a</sup>E-mail: guseva\_marina67@mail.ru

**Annotation.** The article discusses interactive technologies for finding a compositional solution of clothing in a virtual environment of graphic CAD systems. At the stage of sketching the designed product, it was proposed to present visual information about the volumetric-spatial shape of an object using 3D graphic simulators, and at the stage of confectioning, add to it a virtual display of the texture of the material. Industrial approbation of visualization of models of fur products was carried out on the basis of virtual prototyping in graphic CAD CLO3D, which allows real-time changes in the design and technological solution of the model and promptly adjust the configuration of flat templates of construction parts based on the interactive wishes of the customers.

**Key words:** fur clothes, dressing and finishing of fur, virtual sketching, prototyping and fitting of clothes.

### ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие меховой моды, основанное на техническом прогрессе в отрасли [1], привело к существенному сокращению цикличности модного периода, по сравнению с прошлым веком [2, С. 14–15]. Расширению ассортимента и заметному обновлению дизайна меховой одежды [3, 4] способствует интеграция традиционных [5, 6] и инновационных технологий выделки и отделки пушно-меховых шкурок [7, 8]. Благодаря увеличению выпуска более экономичных видов меха, волосяной покров которых, благодаря отделочным операциям, достоверно имитирует свойства дорогих шкурок [9], модные меховые изделия из натурального меха стали не только доступны более широкому группам населения [10]. Современные подходы к отделке волосяного покрова и кожаной ткани [11] позволяют

получить желаемые эстетические (колористика, шелковистость, блеск, гладкость) [12] и эксплуатационные (легкость, мягкость, пластичность) характеристики меха [13], отвечающие потребностям требованиям к качеству меха [14] и повышающие привлекательность и респектабельность [15] изделий. Осведомленность потребителей в тенденциях развития мировой меховой моды [16] и стремление к индивидуализации образа [17] способствовали внедрению в производственный процесс этапов виртуального эскизирования [18]. Для коммуникативного обсуждения с клиентами дизайна моделей, особенностей конструктивно-технологического решения, зависящего от свойств выбранного меха, востребованы современные графические 3D-симуляторы, достоверно

визуализирующие внешний облик проектируемого объекта [19], свойства и фактуру материала [20].

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ 3D-СИМУЛЯТОРОВ НА ЭТАПЕ ЭСКИЗИРОВАНИЯ МЕХОВОЙ ОДЕЖДЫ В САПР**

На большинстве предприятий легкой промышленности процесс проектирования одежды автоматизирован [21], развиваются трехмерные технологии конструирования, позволяющие генерировать на экране компьютера 3D-изображения одежды на виртуальной фигуре [22]. Однако, современные САПР одежды чаще всего лишь симулируют виртуальную примерку, не предоставляя конструктору возможности получить достоверную развертку поверхности изделий с хорошим качеством посадки [23]. В трехмерных модулях САПР одежды цифровые аналоги фигур человека представлены с высокой степенью достоверности благодаря хорошей проработке рельефа поверхности тела [24] и имеющейся возможности корректировать типовые манекены с учетом особенностей осанки и пропорций конкретных фигур и демонстрировать типичные движения человека на анимированном аватаре [25]. Для визуализации проектируемой одежды разработчики предлагают библиотеки изображений фактуры материалов. И если трехмерные изображения базовых форм изделий малых объемов отображаются достаточно реалистично, то с изменением силуэта, покроя, материалов изделия виртуальные модели теряют достоверность. Тем не менее для большинства потребителей, не знакомых со спецификой проектирования одежды, уровень представления визуальной информации о предлагаемых к продаже изделиях воспринимается вполне приемлемым. На настоящий момент представление клиентам выбираемых моделей одежды на фигурах, имеющих визуальное сходство с телосложением потребителя, несет в большей степени маркетинговую нагрузку, заинтересовывая покупателя привлекательностью сформированного образа [26] и подталкивая к покупке выбранного изделия [27].

Дизайнеры и конструкторы современных швейных предприятий обладают знаниями и компетенциями для работы с универсальными и специализированными компьютерными программами САПР и других графических приложений. На развитие глобального рынка производителей и покупателей существенно влияет высокая вовлеченность молодых поколений в виртуальную среду, не только отражающую современные модные тенденции, но и способствующую интерактивному участию потребителей в процессах выбора подходящей одежды и даже частичного изменения её дизайна. Клиенты все чаще заинтересованы заказывать не только модели одежды из представленного ассортимента конкретных производителей, но и участвовать в процессе их модификации, прежде всего желая получить более качественную посадку покупаемого изделия на

своей фигуре, а иногда и изменять цвет или текстуру используемого материала [28]. При персонализированном подходе промышленного изготовления изделий без заметного роста себестоимости изделия в его модельную конструкцию могут быть внесены изменения длины изделия и рукавов, формы воротника, положения и формы карманов, декоративной отделки и др. Анализ практической персонализации изделий, изготавливаемых в массовом производстве показывает, что для клиентов важное значение имеет возможность заранее дистанционно визуально оценить заказанное изделие по виртуальному представлению выбранной модели. Для этого полезно не только показать заказчику примерку изделия выбранного покроя и силуэта на виртуальной фигуре, но и модернизировать виртуальный аватар в соответствии с внешним образом клиента. Интуитивно клиент больше доверяет изображению, которое обладает чертами, похожими на его телосложение, лицо, причёску.

Исходя из вышеизложенного, можно рекомендовать предприятиям оснащать имеющиеся САПР дополнительным графическим инструментарием (3D-симуляторами) для использования на этапе эскизирования. Современные 3D-симуляторы укомплектованы базами аватаров, которых можно трансформировать для имитации телосложения, пропорций и осанки индивидуальных фигур и использовать в режиме графического рендеринга для эскизирования внешней поверхности проектируемых моделей одежды. Для отображения сложной фактуры меховой поверхности можно задавать параметры карты настройки так, чтобы достоверно имитировать блеск и извитость волосяного покрова, вариативность длины волос и их наклона.

Современное цифровое проектирование меховой одежды опирается на компьютерное программное обеспечение и цифровые базы данных [12, 29], позволяющие обеспечить качественный и быстрый подбор меха на изделие с учетом особенностей фактуры волосяного покрова и кожаной ткани для максимального использования площади каждого мехового полуфабриката и снижения количества шкурок на изделие. В процессе проектирования на этапе конфекционирования мехового изделия важно выбрать мех, в наибольшей степени подходящий художественному замыслу дизайнера и учитывающий требования заказчика.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для промышленной апробации на меховых предприятиях модуля 3D-визуализации дизайнерских работ, предназначенного для интерактивного проектирования одежды с учетом актуальных пожеланий клиентов проведено виртуальное симулирование примерки проектируемой модели одежды с помощью графической программы CLO3D. С этой целью для визуализации фактуры волосяного покрова меха в программе Adobe

Photoshop создан градиент с диапазоном высот до 164 мм. Экспорт файла в формате jpg в среду CLO3D позволил получить пользователю доступ к командам управления текстурой (*Texture*) изображений и выбору длины волосяного покрова (*Lenth*) в окне *property editor* (рис.1).

В соответствии с эскизом дизайнера для изготовления изделия можно выбирать мех, имеющий визуальное сходство, но отличающийся другими свойствами. На визуальное восприятие фактуры меха заметное влияние оказывают опушенность, густота и

высота волосяного покрова, варьирующаяся для разных видов меха и обуславливающая выбор конструктивного и технологического решений проектируемых моделей. В САПР CLO3D визуализация густоты и опушенности меховой поверхности выполняется параметром *Bend*: чем меньше значение параметра *Bend*, тем пушистее визуализируется виртуальная поверхность меха. Параметр *Segments* позволяет настраивать точность изгиба волосков (табл. 1).

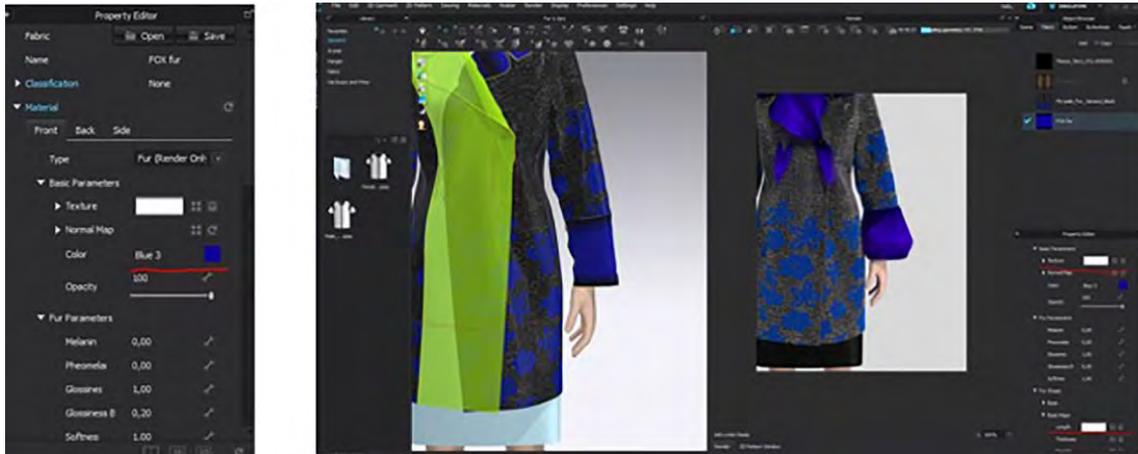
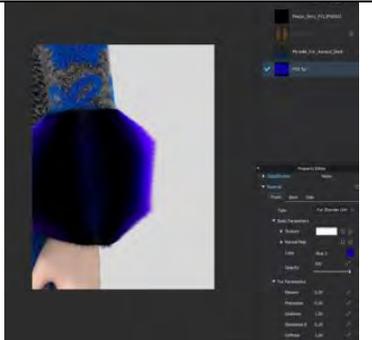
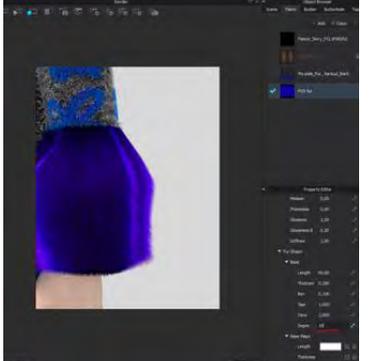
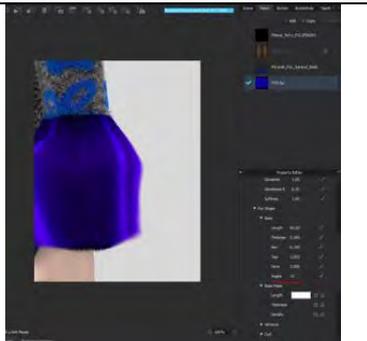


Рисунок 1 – Работа с фактурой материала в САПР CLO3D:  
а – окно *Texture* с командами управления текстурой изображений;  
б – визуализация работ с текстурой материалов

Таблица 1 – Матрица управления свойствами опушенности виртуального аналога меховой поверхности (фрагмент)

| Параметры настройки визуализации изображений | № модели | Окно визуализации   |
|--|----------|---|
| 1  | 2        | 3   |
| Bend = 0<br>Segments =                       | Модель 1 |  |
| Bend = 0.1<br>Segments = 5                   | Модель 2 |  |

Окончание таблицы 1

| 1                           | 2        | 3   |
|-----------------------------|----------|---|
| Bend = 0.1<br>Segments = 10 | Модель 3 |  |

Виртуальное макетирование в графической САПР CLO3D позволяет не только оценить качество посадки проектируемой модели одежды, но и прогнозировать пространственную конфигурацию модели, пластику формы, выбрать параметры декора, выражаемые неравномерностью толщины оболочки виртуального изделия (рис. 2).

Преимуществом цифрового макетирования в графической среде 3D САПР-симуляторов является возможность просмотра и корректировки конфигурации плоских шаблонов деталей модельных конструкций в соответствии нанесенными на 3D-модель линиями членений (рис 3).



Рисунок 2 – Виртуальная примерочная: а – модель-аналог; б, в, г – варианты проектируемой модели

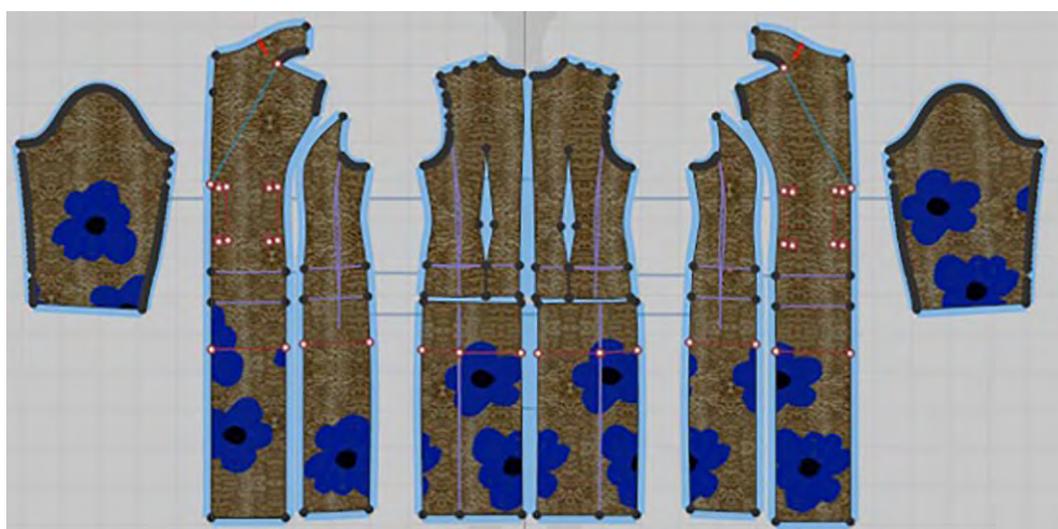


Рисунок 3 – Визуализация расположения декора и геометрии плоских шаблонов деталей модельной конструкции

**ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

Экспериментальная визуализация проектируемых моделей из меха в 3D-графических программах показала, что для успешного внедрения на промышленных предприятиях виртуальных симуляторов посадки одежды необходимо формировать пополняемые базы данных виртуальных аватаров типовых и индивидуальных фигур потребителей, библиотек фактур меховых поверхностей, колористического и декоративного оформления изделий, конструктивно-технологических проектных решений и т.д.

Интенсификация непосредственного виртуального общения потребителей, лояльных к определенным торговым маркам, с их производителями напрямую зависит от скорости формирования и качества визуализации образа моделей одежды, представляемых на торговых площадках в Интернете. Рендеринг изображения в модулях симуляции САПР требует значительного времени от специалиста, поэтому для оптимизации этого процесса важно дальнейшее совершенствование программной среды путем аккумулирования накопленной графической информации.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анализ современного развития меховой моды / М. А. Гусева // *Костюмология*. – 2020. – Т. 5, № 1. – С. 10.
2. Кутюшев, Ф. С. Скорняжное производство / Ф. С. Кутюшев. – М. : Легпромбытиздат, 1989. – 224 с.
3. Cai L. Fur fashion design / Cai L., Yu X. – Shanghai : Donghua University Press, 2009. – 249 p.
4. Xu T. Study on the innovative design of fur clothing / Xu T., Fang M., Li G. D. // *Advanced Materials Research*. – 2011, Vol. 331, Sept. – P. 586–589.
5. Аронина, Ю. Н. Технология выделки и крашения меха / Ю. Н. Аронина. – М. : Легпромбытиздат, 1986. – 144 с.
6. Austin, W. E. Principles and practice of fur dressing and fur dyeing / W. E. Austin. – North Charleston : CreateSpace, 2013. – 130 p.
7. Гусева, М. А. Инновационный подход к проектированию меховой одежды / М. А. Гусева, Е. Г. Андреева // *Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные задачи инженерных наук»*. – М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2017. – С. 42–47.
8. Новиков, М. В. Инновационные подходы к обработке кожевенного сырья и декоративной отделке полуфабриката / М. В. Новиков, А. В. Щербакова, В. В. Рябко // *Сборник статей Международной юбилейной научно-практической конференции «Методология и практика современного товароведения: актуальные вопросы и пути совершенствования»*. – М. : МГАВМиБ, 2014. – С. 184–193.
9. Исследование свойств шкурки серебристо-черной лисицы и искусственного меха, имитирующего её окрас, для цифрового конфекционирования материалов для одежды / М. В. Новиков [и др.] // *Территория новых возможностей // Вестник ВГУЭС*. – 2020. – Т. 12, № 2 (49). – С. 158–167.
10. Социальной значимости меха на национальном и глобальном рынках / М. А. Гусева [и др.] // *Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления»*. – М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. – Ч. 1. – С. 56–62.
11. Технологии воздействия на структуру меха для управления конструкторско-технологическими свойствами изделия / М. А. Гусева [и др.] // *Материалы и технологии*. – 2019. – № 2 (4). – С. 27–39.
12. Базовые цифровые шкалы эстетических и геометрических свойств меха : пат. RU 2019620409 / М. А. Гусева, М. В. Новиков, Е. Г. Андреева, В. С. Белгородский, И. А. Петросова, Н. А. Балакирев. – Оpubл. 15.03.2019.
13. Износостойкость волосяного покрова пушных полуфабрикатов, имеющих визуальное сходство / М. В. Новиков, М. А. Гусева, Е. Г. Андреева // *Сборник статей I Межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы социально-экономического развития современного общества»*. – Киров : КГМУ, 2020. – С. 233–237.
14. Белгородский, В. С. Цифровизация показателей качества меха в системе сквозного проектирования меховых изделий / В. С. Белгородский // *Текстильная и лёгкая промышленность*. – 2019. – №1. – С. 18–22.
15. Harpera, C. I found myself inside her fur / C. Harpera // *Textile : The Journal of Cloth and culture*. – 2008. – Vol. 6, iss. 3. – P. 300–313.
16. Fashion marketing в современной индустрии меховой одежды / М. А. Гусева [и др.] // *Текстильная и лёгкая промышленность*. – 2019, № 2–3. – С. 22–26.
17. Интерактивный дизайн в производстве меховой одежды / М. А. Гусева, Е. Г. Андреева, М. И. Алибекова // *Сборник материалов Международной научной конференции «Тенденции развития лёгкой промышленности Республики Узбекистан: проблемы, анализ и решения»*, 2020. – С. 114–120.
18. Субтехнологии виртуального эскизирования для дизайнера и редизайнера меховой одежды / М. А. Гусева [и др.] // *Сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции «Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование»*. – Улан-Удэ : ВСГУТУ, 2020. – С. 128–134.
19. Имитационное проектирование швейных изделий совмещением трехмерных виртуальных образов / М. А. Гусева [и др.] // *Известия вузов. Технология легкой промышленности*. – 2019. – Т. 44, № 2. – С. 26–33.

20. Графический рендеринг в имитационном проектировании поверхности меховой одежды / М. А. Гусева [и др.] // Сборник материалов Международной научной студенческой конференции «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности». – М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. – Часть 1. – С. 209–212.
21. Цифровизация сквозного проектирования меховых изделий / М. А. Гусева [и др.] // Сборник статей Республиканской научно-практической конференции «Актуальные проблемы инновационных технологий и их решения в условиях интеграции науки, образования, производства в полиграфии, хлопкоочистительной, текстильной и легкой промышленности». – Ташкент : ТИТЛП, 2019. – Ч. 2. – С. 409–412.
22. Volino, P. Accurate garment prototyping and simulation / P. Volino, N. Magnenat-Thalmann // *Computer-Aided Design and Applications*. – 2005, Vol.2, iss. 5. – P. 645–654.
23. Baytar, F. An exploratory study of interaction patterns around the use of virtual apparel design and try-on technology / F. Baytar, S. Ashdown // *The Journal of Design, Creative Process & the Fashion Industry*. – 2015, Vol.7, iss.1. – P. 31–52.
24. Park, S. M. Multi purpose three dimensional body form / Sun Mi Park, Kueng Mi Choi, Yun Ja Nam, Young-A Lee // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – 2011, Vol. 23, iis.1. – P. 8–24.
25. Personalized 3D mannequin reconstruction based on 3D scanning / Peng Peng Hu [et al.] // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – 2018, Vol. 30, iss. 2. – P. 159–174.
26. Алибекова, М. И. Архитектоника формы в композиции костюма : монография / М. И. Алибекова, С. В. Белгородский, Е. Г. Андреева. – М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2020. – 221 с.
27. Гетманцева, В. В. Методы интеллектуализации процесса проектирования одежды: монография / В. В. Гетманцева, Е. Г. Андреева, В. С. Белгородский. – М. : Научная библиотека, 2020. – 200 с.
28. Рогожин, А. Ю. Имитационная модель процесса формообразования поверхности одежды / А. Ю. Рогожин, М. А. Гусева, Е. Г. Андреева // *Дизайн и технологии*. – 2018. – № 63 (105). – С. 47–49.
29. Параметризация художественно-конструктивных характеристик шкур овец и изделий из них : пат. RU 2019621729 / М. А. Гусева, Е. Г. Андреева, В. С. Белгородский, И. А. Петросова, В. В. Гетманцева, М. В. Новиков, Н. А. Балакирев, Ю. А. Юлдашбаев. – Оpubл. 09.10.2019.

## REFERENCES

1. Analysis of modern development of fur fashion / M. A. Guseva // *Kostyumologiya*. – 2020, T. 5, No. 1. – P. 10.
2. Kutyushev, F. S. Furry production / F. S. Kutyushev. – M. : Legprombytizdat, 1989. – 224 p.
3. Cai L. Fur fashion design / Cai L., Yu X. – Shanghai : Donghua University Press, 2009. – 249 p.
4. Xu T. Study on the innovative design of fur clothing / Xu T., Fang M., Li G. D. // *Advanced Materials Research*. – 2011, Vol. 331, Sept. – P. 586–589.
5. Aronina, Yu. N. Technology of dressing and dyeing of fur / Yu. N. Aronina. – M. : Legprombytizdat, 1986. – 144 p.
6. Austin, W. E. Principles and practice of fur dressing and fur dyeing / W. E. Austin. – North Charleston : CreateSpace, 2013. – 130 p.
7. Guseva, M. A. An innovative approach to the design of fur clothing / M. A. Guseva, E. G. Andreeva // *Collection of scientific papers of the International scientific and technical symposium "Modern problems of engineering"*. – M. : RSU im. A. N. Kosygin, 2017. – p. 42–47.
8. Novikov, M. V. Innovative approaches to the processing of leather raw materials and decorative finishing of semi-finished products / M. V. Novikov, A. V. Shcherbakova, V. V. Ryabko // *Collection of articles of the International Jubilee Scientific and Practical Conference "Methodology and Practice modern commodity science: topical issues and ways of improvement"*. – M. : MGAVMiB, 2014. – P. 184–193.
9. Issledovanie svojstv shkurok serebristo-chnernoj lisicy i iskusstvennogo meha, imitirujushhego ejo okras, dlja cifrovogo konfeksionirovanija materialov dlja odezhdy / M. V. Novikov [et al.]. – 2020. – T. 12, No. 2 (49). – P. 158–167.
10. Social'noj znachimosti meha na nacional'nom i global'nom rynkah / M. A. Guseva [et al.] // *Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo simpoziuma "Sovremennye inzhenernyodnyesty vogue problem"*. – M. : RGU im. A. N. Kosygina, 2019. – Ch. 1. – P. 56–62.
11. Tehnologii vozdejstvija na strukturu meha dlja upravlenija konstruktorsko-tehnologicheskimi svojstvami izdelija / M. A. Guseva [et al.] // *Materialy i tehnologii*. – 2019. – No. 2 (4). – P. 27–39.
12. Basic digital scales of aesthetic and geometric properties of fur : US Pat. RU 2019620409 / M. A. Guseva, M. V. Novikov, E. G. Andreeva, V. S. Belgorodsky, I. A. Petrosova, N. A. Balakirev. – Publ. 03.15.2019.
13. Wear resistance of the hair coat of semi-finished products with visual similarity / M. V. Novikov, M. A. Guseva, E. G. Andreeva // *Collection of articles of the I Interregional scientific-practical conference "Actual problems of socio-economic development of modern society."* – Kirov : KSMU, 2020. – p. 233–237.
14. Belgorodsky, V. S. Digitalization of quality indicators of fur in the system of through design of fur products / V. S. Belgorodsky // *Textile and light industry*. – 2019. – No. 1. – P. 18–22.
15. Harpera, C. I found myself inside her fur / C. Harpera // *Textile : The Journal of Cloth and culture*. – 2008. – Vol. 6, iss. 3. – P. 300–313.

16. Fashion marketing in the modern fur clothing industry / M. A. Guseva [et al.] // Textile and light industry. – 2019 – No. 2–3. – P. 22–26.
17. Interactive design in the production of fur clothing / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, M. I. Alibekova // Collection of materials of the International Scientific Conference "Trends in the development of light industry of the Republic of Uzbekistan: problems, analysis and solutions", 2020. – P. 114–120.
18. Subtechnologies of virtual sketching for the design and redesign of fur clothing / M. A. Guseva [et al.] // Collection of materials of the XVI International Scientific and Practical Conference "Leather and Fur in the XXI Century: Technology, Quality, Ecology, Education". – Ulan-Ude : VSGUTU, 2020. – p. 128–134.
19. Imitation design of garments by combining three-dimensional virtual images / M. A. Guseva [et al.] // Izvestiya vuzov. Light industry technology. – 2019. – T. 44, No. 2. – P. 26–33.
20. Graphic rendering in simulation design of the surface of fur clothing / M. A. Guseva [et al.] // Collection of materials of the International Scientific Student Conference "Innovative Development of Light and Textile Industry". – M. : RSU im. A. N. Kosygina, 2019. – Part 1. – P. 209–212.
21. Digitalization of end-to-end design of fur products / M. A. Guseva [et al.] // Collection of articles of the Republican Scientific and Practical Conference light industry ". – Tashkent : TITLP, 2019. – Part 2. – P. 409–412.
22. Volino, P. Accurate garment prototyping and simulation / P. Volino, N. Magnenat-Thalmann // Computer-Aided Design and Applications. – 2005, Vol.2, iss. 5. – P. 645–654.
23. Baytar, F. An exploratory study of interaction patterns around the use of virtual apparel design and try-on technology / F. Baytar, S. Ashdown // The Journal of Design, Creative Process & the Fashion Industry. – 2015, Vol.7, iss.1. – P. 31–52.
24. Park, S. M. Multi purpose three dimensional body form / Sun Mi Park, Kueng Mi Choi, Yun Ja Nam, Young-A Lee // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2011, Vol. 23, iis.1. – P. 8–24.
25. Personalized 3D mannequin reconstruction based on 3D scanning / Peng Peng Hu [et al.] // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2018, Vol. 30, iss. 2. – P. 159–174.
26. Alibekova, M. I. Architectonics of form in costume composition : monograph / M. I. Alibekova, S. V. Belgorodsky, E. G. Andreeva. – M. : RSU im. A. N. Kosygina, 2020. – 221 p.
27. Getmantseva, V. V. Methods of intellectualization of the clothing design process : monograph / V. V. Getmantseva, E. G. Andreeva, V. S. Belgorodsky. – M. : Scientific Library, 2020. – 200 p.
28. Rogozhin, A. Yu. Simulation model of the process of shaping the surface of clothes / A. Yu. Rogozhin, M. A. Guseva, E. G. Andreeva // Design and Technologies. – 2018. – № 63 (105). – P. 47–49.
29. Parametrization of artistic and constructive characteristics of sheep skins and products from them : pat. RU 2019621729 / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, V. S. Belgorodsky, I. A. Petrosova, V. V. Getmantseva, M. V. Novikov, N. A. Balakirev, Yu. A. Yuldashbaev. – Publ. 09.10.2019.

## SPISOK LITERATURY

1. Analiz sovremenno go razviti ja mehovo j mody / M. A. Guseva // Kostjumologija. – 2020. – T. 5, № 1. – S. 10.
2. Kutjushev, F. S. Skornjazhnoe proizvodstvo / F. S. Kutjushev. – M. : Legprombytizdat, 1989. – 224 s.
3. Cai L. Fur fashion design / Cai L., Yu X. – Shanghai : Donghua University Press, 2009. – 249 p.
4. Xu T. Study on the innovative design of fur clothing / Xu T., Fang M., Li G. D. // Advanced Materials Research. – 2011, Vol. 331, Sept. – P. 586–589.
5. Aronina, Ju. N. Tehnologija vydelki i krasheni ja meha / Ju. N. Aronina. – M. : Legprombytizdat, 1986. – 144 s.
6. Austin, W. E. Principles and practice of fur dressing and fur dyeing / W. E. Austin. – North Charleston : CreateSpace, 2013. – 130 p.
7. Guseva, M. A. Innovacionny j podhod k proektirovani ju mehovo j odezhdy / M. A. Guseva, E. G. Andreeva // Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo simpoziuma «Sovremennye zadachi inzhenernyh nauk». – M. : RGU im. A. N. Kosygina, 2017. – S. 42–47.
8. Novikov, M. V. Innovacionnye podhody k obrabotke kozhevennogo syr' ja i dekorativnoj otdelke polufabrikata / M. V. Novikov, A. V. Shherbakova, V. V. Rjabko // Sbornik statej Mezhdunarodnoj jubilejno j nauchno-prakticheskoj konferencii «Metodologija i praktika sovremenno go tovarovedeni ja: aktual'nye voprosy i puti sovershenstvovani ja». – M. : MGAVMiB, 2014. – S. 184–193.
9. Issledovanie svojstv shkurok serebristo- chernoj lisicy i iskusstvennogo meha, imitirujushhego ejo okras, dlja cifrovogo konfeksionirovani ja materialov dlja odezhdy / M. V. Novikov [i dr.] // Territorija novyh vozmozhnostej // Vestnik VGUJeS. – 2020. – T. 12, № 2 (49). – S. 158–167.
10. Social'noj znachimosti meha na nacional'nom i global'nom rynkah / M. A. Guseva [i dr.] // Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo simpoziuma «Sovremennye inzhenernye problemy v proizvodstve tovarov narodnogo potrebleni ja». – M. : RGU im. A. N. Kosygina, 2019. – Ch.1. – S. 56–62.
11. Tehnologii vozdejstvija na strukturu meha dlja upravleni ja konstruktorsko-tehnologicheskimi svojstvami izdeli ja / M. A. Guseva [i dr.] // Materialy i tehnologii. – 2019. – № 2 (4). – S. 27–39.
12. Bazovye cifrovye shkaly jesteticheskij i geometricheskij svojstv meha : pat. RU 2019620409 / M. A. Guseva, M. V. Novikov, E. G. Andreeva, V. S. Belgorodskij, I. A. Petrosova, N. A. Balakirev. – Opubl. 15.03.2019

13. Iznosostojkost' volosjanogo pokrova pushnyh polufabrikatov, imejushhih vizual'noe shodstvo / M. V. Novikov, M. A. Guseva, E. G. Andreeva // Sbornik statej I Mezhtregional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii "Aktual'nye problemy social'no-jekonomicheskogo razvitiya sovremennogo obshhestva". – Kirov : KGMU, 2020. – S. 233–237.
14. Belgorodskij, V. S. Cifrovizacija pokazatelej kachestva meha v sisteme skvoznogo proektirovanija mehovyh izdelij / V. S. Belgorodskij // Tekstil'naja i ljogkaja promyshlennost'. – 2019. – №1. – S. 18–22.
15. Harpera, C. I found myself inside her fur / C. Harpera // Textile : The Journal of Cloth and culture. – 2008. – Vol. 6, iss. 3. – P. 300–313.
16. Fashion marketing v sovremennoj industrii mehovoj odezhdyy / M. A. Guseva [i dr.] // Tekstil'naja i ljogkaja promyshlennost'. – 2019, № 2–3. – S. 22–26.
17. Interaktivnyj dizajn v proizvodstve mehovoj odezhdyy / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, M. I. Alibekova // Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii "Tendencii razvitiya ljogkoj promyshlennosti Respubliki Uzbekistan: problemy, analiz i reshenija", 2020. – S. 114–120.
18. Cubtehnologii virtual'nogo jeskizirovanija dlja dizajna i redizajna mehovoj odezhdyy / M. A. Guseva [i dr.] // Sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii "Kozha i meh v XXI veke: tehnologija, kachestvo, jekologija, obrazovanie". – Ulan-Udje : VSGUTU, 2020. – S. 128–134.
19. Imitacionnoe proektirovanie shvejnyh izdelij sovmeshheniem trehmernyh virtual'nyh obrazov / M. A. Guseva [i dr.] // Izvestija vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2019. – T. 44, № 2. – S. 26–33.
20. Graficheskij rendering v imitacionnom proektirovanii poverhnosti mehovoj odezhdyy / M. A. Guseva [i dr.] // Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchnoj studencheskoj konferencii "Innovacionnoe razvitie legkoj i tekstil'noj promyshlennosti". – M. : RGU im. A. N. Kosygina, 2019. – Chast' 1. – S. 209–212.
21. Cifrovizacija skvoznogo proektirovanija mehovyh izdelij / M. A. Guseva [i dr.] // Sbornik statej Respublikanskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Aktual'nye problemy innovacionnyh tehnologij i ih reshenija v uslovijah integracii nauki, obrazovanija, proizvodstva v poligrafii, hlopkoochistitel'noj, tekstil'noj i legkoj promyshlennosti». – Tashkent : TITLP, 2019. – Ch. 2. – S. 409–412.
22. Volino, P. Accurate garment prototyping and simulation / P. Volino, N. Magnenat-Thalmann // Computer-Aided Design and Applications. – 2005, Vol.2, iss. 5. – P. 645–654.
23. Baytar, F. An exploratory study of interaction patterns around the use of virtual apparel design and try-on technology / F. Baytar, S. Ashdown // The Journal of Design, Creative Process & the Fashion Industry. – 2015, Vol.7, iss.1. – P. 31–52.
24. Park, S. M. Multi purpose three dimensional body form / Sun Mi Park, Kueng Mi Choi, Yun Ja Nam, Young-A Lee // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2011, Vol. 23, iis.1. – P. 8–24.
25. Personalized 3D mannequin reconstruction based on 3D scanning / Peng Peng Hu [et al.] // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2018, Vol. 30, iss. 2. – P. 159–174.
26. Alibekova, M. I. Arhitektonika formy v kompozicii kostjuma : monografija / M. I. Alibekova, S. V. Belgorodskij, E. G. Andreeva. – M. : RGU im. A. N. Kosygina, 2020. – 221 s.
27. Getmanceva, V. V. Metody intellektualizacii processa proektirovanija odezhdyy: monografija / V. V. Getmanceva, E. G. Andreeva, V. S. Belgorodskij. – M. : Nauchnaja biblioteka, 2020. – 200 s.
28. Rogozhin, A. Ju. Imitacionnaja model' processa formoobrazovanija poverhnosti odezhdyy / A. Ju. Rogozhin, M. A. Guseva, E. G. Andreeva // Dizajn i tehnologii. – 2018. – № 63 (105). – S. 47–49.
29. Parametrizacija hudozhestvenno-konstruktivnyh harakteristik shkur ovec i izdelij iz nih : pat. RU 2019621729 / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, V. S. Belgorodskij, I. A. Petrosova, V. V. Getmanceva, M. V. Novikov, N. A. Balakirev, Ju. A. Juldashbaev. – Opubl. 09.10.2019.

## Метод получения высокопротеиновых фитокомпозиатов с использованием вторичных продуктов льнопереработки

С.В. Алеева<sup>а</sup>, О.В. Лепилова<sup>б</sup>, С.А. Кокшаров<sup>с</sup>

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, Российская Федерация

E-mail: <sup>а</sup>sva@isc-ras.ru, <sup>б</sup>lov@isc-ras.ru, <sup>с</sup>ksa@isc-ras.ru

**Аннотация.** Получено экспериментально-аналитическое обоснование механизма биохимического воздействия на отходы льнопереработки в форме костры, пакли и вытряски для достижения взаимодополняющих эффектов развития поровой структуры субстратов и повышения реакционной способности полиуронидов с вычленением вклада физической и химической адсорбции в изменение белковосвязывающих свойств композиционных льносодержащих препаратов с целью оптимизации протеинового питания жвачных животных.

**Ключевые слова:** костра, льняные угары, биомодификация, внутренняя удельная поверхность, доступность пектиновых веществ.

## Method for Processing of High-Protein Phytocomposites Using the Flax Processing Waste

S. Aleeva<sup>a</sup>, O. Lepilova<sup>b</sup>, S. Koksharov<sup>c</sup>

G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation

E-mail: <sup>a</sup>sva@isc-ras.ru, <sup>b</sup>lov@isc-ras.ru, <sup>c</sup>ksa@isc-ras.ru

**Annotation**The experimental and analytical study of the mechanism biochemical effects on flax processing waste such as flax shive, flax tow and tangled shaken flax fibers to achieve of the complementary effects the pore structure enhancement in substrates and increase the reactivity of polyuronides was obtained. The contribution of physical and chemical adsorption to change of protein binding properties of composite flax-containing preparations was singled out to optimize of protein nutrition of ruminants.

**Key words:** flax shive, flax waste, biomodification, internal specific surface area, accessibility of pectin substances.

Республика Беларусь входит в число мировых лидеров по объемам производства льноволокна. При этом учитывая последние тенденции ведения аграрной политики страны, активное развитие льняной отрасли является одним из приоритетных направлений в рамках Государственной программы Республики Беларусь на 2016–2020 годы (подпрограмма 1 «Развитие растениеводства, переработки и реализации продукции растениеводства»), реализация которой позволит обеспечить повышение урожайности льна-долгунца до 11 центнеров с гектара и объема выпуска льноволокна до 55 тыс. тонн в год [1].

Наращивание мощности производства льноволокнистых материалов обуславливает необходимость решения актуальных задач повышения полноты использования льняного сырья за счет эффективных методов применения вторичных продуктов его переработки в различных технологических сферах. Одним из мировых трендов развития данного направления является совершенствование технологий обработки льноволокнистых отходов с целью получения

современных биокомпозиционных материалов для авто- и авиастроения, строительной индустрии, сельского хозяйства, прежде всего, кормопроизводства и т. д. [2–4]. В последнем случае методологические подходы получения композиционных кормовых продуктов призваны решать вопросы оптимизации протеинового питания, что особенно важно при организации сбалансированных рационов для крупного рогатого скота. В свете указанных приоритетов решаемые задачи настоящих исследований направлены на повышение полноты полезного использования льняного сырья с учетом ключевой проблемы обеспечения жвачных животных полноценным протеиновым питанием.

При обосновании цели исследования учтены сведения [5–7 и др.] о том, что в силу специфики анатомии и физиологии желудочно-кишечного тракта жвачных животных аминокислотная потребность их организма удовлетворяется за счет протеинов, распад которых происходит не на первичной стадии ферментации кормов в преджелудке (рубец), а при прохождении тонкого кишечника. В связи с этим актуален поиск путей создания композиционных

кормовых смесей с включением эффективных добавок, обеспечивающих «защиту» кормового белка от преждевременного расщепления. Одним из перспективных и экономически привлекательных путей решения задачи является использование высокомолекулярных полимеров на основе поликатионов или полианионов для обратимого связывания белковых веществ [8–10]. Большое разнообразие сорбционно активных полианионов содержится в структуре отделяемых остатков льняного стебля. Патентованный метод биомодифицирования [11] позволяет превратить их в эффективную фитодобавку при получении композита на основе белковых концентратов с недостаточным уровнем «транзитного» белка таких, например, как зерновая барда спиртового производства.

Предварительный научный задел в изучении закономерностей развития сорбционных свойств льноволокнистых материалов показал [12–14], что для связывания сорбатов с крупным размером молекулы действие модифицирующих ферментов необходимо направить на развитие мезопоровых пространств для эффективного проявления механизмов физической адсорбции, предупреждая при этом деструкцию пектиновых веществ, обладающих хемосорбционной способностью, и обеспечивая их структурное высвобождение из пространственной сетки углеводов-белкового комплекса связующих веществ между фибриллами целлюлозы. В случае модификации ровницы чесаного льняного волокна влияние параметров пористости и доступности адсорбционных центров на уровень белковосвязывающей способности (АБ, мг/г) описывается уравнением [12]

$$A_B = 0,078 + 1,023 \cdot СВП + 0,265 \cdot S_{\text{мезо}}, R = 0,998, (1)$$

где **СВП** – содержание структурно высвобожденного пектина (мг/г волокна), оценивается по доле пектиновых веществ, которые извлекаются раствором

с определенной концентрацией щавелевой кислоты;  $S_{\text{мезо}}$  – площадь удельной поверхности мезопор ( $\text{м}^2/\text{г}$ ), оценивается по данным равновесной сорбции соответствующего молекулярного маркера (краситель метиленовый голубой, ГОСТ 13144-79).

Исследована специфика биомодификации трех видов отходов льнопереработки (костра, пакля и вытряска) композицией с рекомендованным [11] уровнем показателей активности ферментов в растворе (ед./мл):

- эндо-1,4-β-глюкоказа – 600;
- экзо-1,4-β-глюкоказа – 1000;
- β- глюкозидаза – 50;
- эндо-1,4-β-D-ксилаза – 500;
- экзо-1,4-β-D-ксилозидаза – 300.

Маломодульный режим биообработки (жидкостной модуль 5:1) с последующей сушкой предопределяет отсутствие экстракционных потерь продуктов ферментативного гидролиза.

Перед биообработкой для всех видов льняных субстратов проводился отсев дисперсной фракции «пектиновой пыли». Отличительной особенностью режима биомодификации препаратов льняной костры является проведение предварительного извлечения фракции водорастворимых олигомерных пектинов, мигрирующих в условиях лугового расстила из расщепляемых паренхимных тканей стебля в слой древесины. Для этого измельченную пробу заливали в реакторе теплой (40 °С) дистиллированной водой до величины гидромодуля  $M = 5:1$  и перемешивали в течение 6–8 часов. Жидкую фазу пектинового геля отделяли центрифугированием с целью последующего возврата в биомодифицированный субстрат на заключительной стадии обработки.

Представленные на рисунке 1 экспериментальные данные позволяют проследить динамику вскрытия мезопоровых пространств льняных субстратов в процессе биообработки. Пронумерованные столбцы демонстрируют результаты обработки сырья разных производителей.

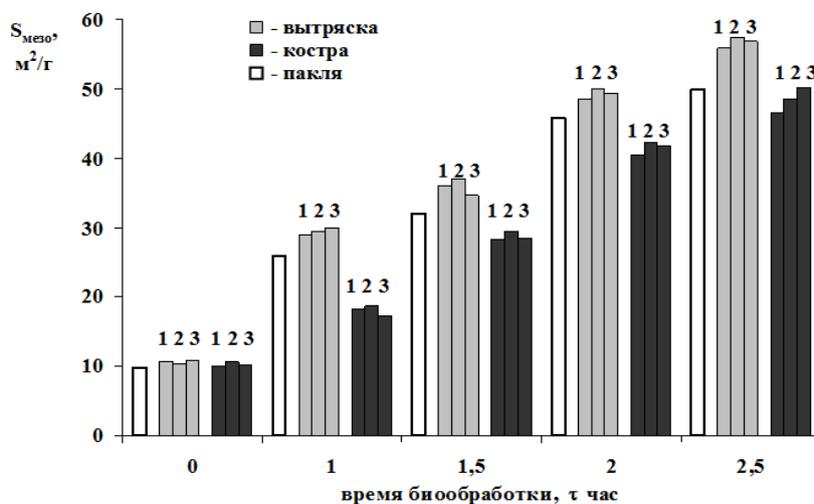


Рисунок 1 – Изменение площади удельной поверхности мезопоровых пространств ( $S_{\text{мезо}}$ ) исследуемых льноматериалов в результате ферментативной модификации

В начальный период времени скорость вскрытия внутреннего объема волокнистых угаров значительно превышает темп нарастания величины  $S_{мезо}$  для костры с преимущественным содержанием фракции древесины. Количественным критерием темпов роста показателя на начальном этапе биообработки является величина множителя при линейном члене зависимостей:

– вытряска

$$S_{мезо} = 9,441 + 24,431 \cdot \tau - 2,705 \cdot \tau^2, \quad R = 0,974; \quad (2)$$

– пакля

$$S_{мезо} = 9,696 + 16,015 \cdot \tau - 0,245 \cdot \tau^2, \quad R = 0,984; \quad (3)$$

– костра

$$S_{мезо} = 10,310 + 11,038 \cdot \tau - 1,561 \cdot \tau^2, \quad R = 0,988. \quad (4)$$

Видимой причиной задержки являются стерические трудности для диффузии глобул биокатализатора в макропорую систему трахеальных каналов ксилемы льна по сравнению с более доступными межволоконными пространствами волокнистых угаров. Для костры не удается создать такую же удельную поверхность мезопор. Вместе с тем, сравнивая множитель при квадратичном члене уравнений (2) и (4), отмечаем, что при обработке образцов вытряски темп нарастания пористости

затухает, а на костре после первоначальной задержки скорость приращения величины  $S_{мезо}$  прогрессирующе возрастает. Следовательно, в случае недостаточной сорбционной активности биомодифицированных препаратов костры есть возможность повышения результата за счет увеличения продолжительности обработки.

На рисунке 2 продемонстрировано изменение доступности пектинов в результате биомодификации льняных субстратов. Заметим, что для исходных льноматериалов как в волокнистом, так и в древесном компонентах структурно высвобожденный пектин обнаруживается лишь в следовых количествах. Их накопление при биомодификации волокнистой фракции происходит намного эффективнее, чем в ксилеме льняного стебля. Низкий результат для образцов костры обусловлен двумя факторами: во-первых, в целом невысоким содержанием пектина в ксилеме после экстракции мигрирующих олигоуридов и, во-вторых, высоким содержанием в его структуре кальций-пектатных форм, обеспечивающих образование межцепных ковалентных связей, которые не позволяют макромолекулам полиуронидам уходить в раствор даже после деструктирующего воздействия на окружающие их гликаны в структуре углевод-белковых комплексов.

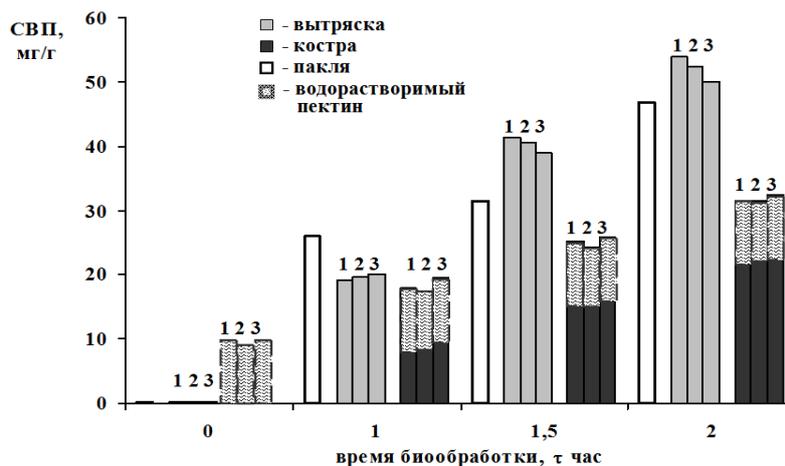


Рисунок 2 – Нарастание содержания структурно высвобожденных пектинов (СВП) в структуре исследуемых льноматериалов в процессе ферментативной модификации

Ситуация исправляется при возврате в систему предварительно извлеченной фракции водорастворимых пектиновых веществ. Биомодификация создает условия для диффузии пектинового геля в капиллярно-поровую систему костры, а благодаря адгезионной активности олигоуридов обеспечивается их иммобилизация на внутренней поверхности поровой системы, что делает костру вполне конкурентоспособным объектом в сравнении с биомодифицированными льноволокнистыми материалами для хемосорбционного связывания протеинового связующего при получении кормовых фитокомпозиций.

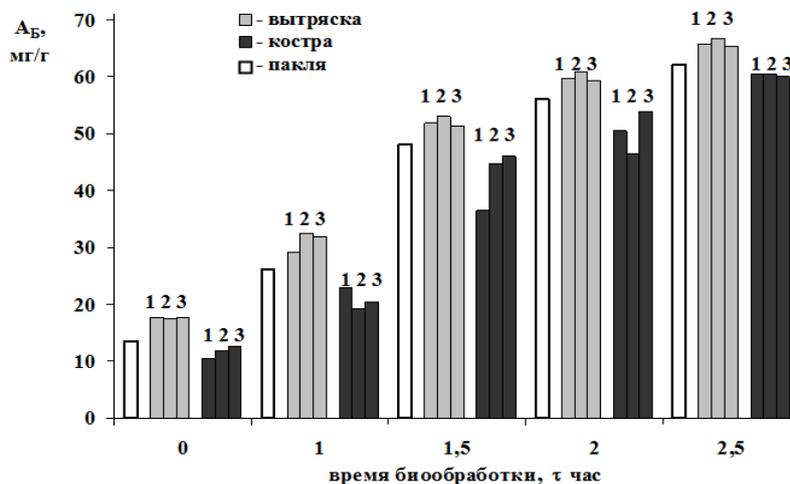
На рисунке 3 суммированы результаты тестовых экспериментов по определению белковсвязывающей способности льноматериалов, подвергнутых модификации с варьируемой продолжительностью ферментативной обработки. В качестве модельного маркера использовали сывороточный альбумин.

При проведении совместной математической обработки экспериментальных данных, проиллюстрированных на рисунках 1–3, получена корреляционная зависимость:

$$A_B = 2,590 + 0,120 \cdot \text{СВП} + 1,150 \cdot S_{мезо}, \quad R = 0,983. \quad (5)$$

Как видно, при включении в число объектов корреляционного анализа льноматериалов с высоким содержанием частиц древесины, которые в исходном состоянии практически не набухают, сохраняется возможность статистической оценки значимости исследуемых факторов в совокупном результате

хемосорбционного процесса при условии, что модификация субстрата обеспечивает развитие той части внутреннего объема материала, который контролирует адсорбционное связывание белкового маркера.



**Рисунок 3 – Влияние длительности биообработки на белковосвязывающую способность модифицированных льняных угаров и костры**

При анализе сорбции с помощью уравнения (1) описывалось сорбционное поведение льняного волокна с изначально развитой мезопоровой системой, и основные усилия были направлены на повышение активности полиуронидов. Описание расширенной группы объектов с использованием модели (5) выявило пути преодоления структурного несовершенства в структуре костры.

Зависимость (5) демонстрирует перспективность технологических шагов для повышения белковосвязывающей способности льняной костры, которые предусматривают необходимость очистки трахеальных каналов от фракции мигрирующих пектинов, препятствующих проникновению ферментов в макропоры ксилемы для модификации ее стенок и развития внутренней сорбирующей поверхности. Это проявляется в возрастании значимости множителя при переменной  $S_{мезо}$  по сравнению с уравнением (1). Использование активных форм полиуронидных соединений в составе фракций «пектиновой пыли» и мигрирующих пектинов обуславливает снижение зависимости результата от обеспеченности системы хемосорбционными центрами, что проявляется в снижении величины приложенного множителя при показателе СВП. Высокое значение коэффициента корреляции для уравнения (5) характеризует уровень точности статистического ожидания от изменившегося взаимного влияния факторов в достижении желаемого результата.

Вместе с тем следует отметить существенное снижение роли хемосорбционных взаимодействий по сравнению с модификацией ровницы чесаного льняного волокна. Очевидно, это связано с высоким

содержанием в структуре пектиновых веществ галактуронатных звеньев в метоксилированной форме, которая не проявляет химической активности в процессах сорбции [15, 16]. Значимость хемосорбции в связывании белковых веществ можно дополнительно повысить, если биохимическую модификацию осуществлять в присутствии фермента пектинэстеразы, который обеспечивает эффект биокатализируемого деметоксилирования пектина [17, С. 423].

В таблице сопоставлено изменение состояния пектиновых веществ в структуре льняных угаров и костры (до возврата в субстрат экстрагированных мигрирующих пектинов и пектиновой пыли) с данными сорбционной емкости в отношении белкового маркера. Оценка долевого соотношения галактуронатных звеньев в незамещенной (Н-ГК), метилгалактуронатной (СН<sub>3</sub>-ГК) и кальций-пектатной (Са-ГК) формах проведена методом ИК-спектроскопии пленок [18].

Представленные данные свидетельствуют, что наибольший эффект деметоксилирования (2–2,3 раза) достигнут в фитопрепаратах на основе льняной вытряски, где доминирует волокнистый компонент с максимальным содержанием высокометоксилированных полиуронидов. Воздействию пектинэстеразы в структуре костры препятствует более высокая степень сшивки полигалактуронатных цепей кальций-пектатными мостиками. Вместе с тем именно для костры зафиксирован наибольший прирост показателя АБ (1,4–1,48 раза). Это отражает важность дополнительной активации пектина в структуре льняной костры для повышения вероятности встречи

функциональных центров белка и пектина друг с другом и протекания акта химической адсорбции, которая осложнена стадией внутренней диффузии белкового маркера в поровой структуре биомодифицированного субстрата.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Института химии растворов им. Г. А. Крестова РАН (проект № 012012 60483) с использованием приборной базы ЦКП «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

**Таблица – Влияние добавки пектинэстеразы на эффективность биомодификации льняных материалов ( $\tau = 2$  ч)**

| Субстрат | Соотношение форм галактуронатных звеньев в макромолекуле пектинов, ед. |                     |             | Белковосвязывающая способность, Аб, мг/г |
|----------|--|---------------------|-------------|--|
|          | Н-ГК   | СН <sub>3</sub> -ГК | Са-ГК       |  |
| Костра   | 0,24 / 0,43  | 0,44 / 0,34         | 0,32 / 0,33 | 50,6 / 72,1                              |
|          | 0,26 / 0,44  | 0,43 / 0,36         | 0,31 / 0,30 | 46,6 / 68,4                              |
|          | 0,21 / 0,45  | 0,45 / 0,34         | 0,34 / 0,33 | 53,9 / 75,6                              |
| Вытряска | 0,27 / 0,55  | 0,54 / 0,33         | 0,19 / 0,19 | 61,2 / 75,6                              |
|          | 0,26 / 0,52  | 0,55 / 0,26         | 0,19 / 0,19 | 60,9 / 75,2                              |
|          | 0,27 / 0,54  | 0,55 / 0,27         | 0,18 / 0,18 | 59,3 / 73,4                              |
| Пакля    | 0,22 / 0,45  | 0,54 / 0,33         | 0,24 / 0,22 | 59,9 / 77,9                              |

Примечание: в числителе условной дроби представлены показатели при использовании базовой композиции целлюлаз, в знаменателе – композиции целлюлаз с пектинэстеразой.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлена специфика биохимического воздействия на отходы льнопереработки в форме костры, пакли и вытряски для развития внутренней удельной поверхности исследуемых льноматериалов и повышения доступности пектиновых веществ в структуре растительного субстрата для адсорбционных взаимодействий с модельными белковыми соединениями в совокупности с возможностью целенаправленного изменения химического состояния полиуронидов.

2. Дифференцирован вклад физической и химической адсорбции в изменение белковосвязывающих свойств композиционных льносодержащих препаратов с целью оптимизации протеинового питания жвачных животных.

3. Обоснован состав полиферментной композиции и продолжительность биохимической модификации отходов льнопереработки в виде костры, пакли или вытряски по патенту RU 2666769.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
2. Kandemir, A. Characterisation of natural fibres for sustainable discontinuous fibre composite materials / A. Kandemir, T. R. Pozegic, I. Hamerton // Materials. – 2020. – Vol. 13, N 9. – P. 1–4.
3. Swanepoel, N. Impacts of feeding a flax-seed based feed supplement on productive and reproductive performance of early lactation multiparous Holstein cows / N. Swanepoel, P. H. Robinson // Animal Feed Science and Technology. – 2019. – Vol. 25 – P. 134–152.
4. Кокшаров, С. А. Инновации в получении армирующих материалов из льняного сырья для биополимерных композитов / С. А. Кокшаров // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2017. – № 1. – С. 161–167.
5. Максимюк, Н. Н. Физиология кормления животных / Н. Н. Максимюк, В. Г. Скопичев. – СПб. : Лань, 2004. – 256 с.
6. Харитонов, Е. Л. Физиология и биохимия питания молочных коров / Е. Л. Харитонов. – Обнинск : Изд-во Обнинск Пресс, 2011. – 377 с.
7. Nutrient Requirements of Dairy Cattle : seventh revised edition / National Research Council ; National Academy Press. – Washington, 2001. – 408 p.
8. Грудина, Н. В. Кормовые добавки на основе полимеров / Н. В. Грудина, Н. С. Грудин, В. В. Быданова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – № 6. – С. 47–49.
9. Rumen-bypass fatty acid salt and protein dietary supplement for ruminants : pat. US PCT (WO) № 1994.028739 / R. Jorgensen, K. R. Cuminge, M. S. Lajoic. – Publ. date 22.12.1994.
10. Protected feedstuffs and their production : pat. GB № 2113121A. / R.W. Lewes, O. J. Mc Makon, T. Tomkins. – Publ. date 1982.

11. Способ получения кормового средства из растительного сырья с высоким содержанием одревесневшей клетчатки : пат. № 2666769 RU / Н. Е. Петухова, Р. В. Петухов, С. А. Кокшаров, С. В. Алеева, О. В. Лепилова. – Опубл. 12.09.2018.
12. Алеева, С. В. Технологические подходы к биомодификации структуры льняного волокна для получения сорбционных материалов / С. В. Алеева, О. В. Лепилова, С. А. Кокшаров // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 1. – С. 319–324.
13. Алеева, С. В. Биохимические методы развития удельной поверхности льняных материалов для получения сорбентов и демпфирующих материалов / С. В. Алеева, О. В. Лепилова, С. А. Кокшаров // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 4. – С. 89–95.
14. Специфика изменения сорбционной способности льноволокна при регулируемой биокатализируемой деструкции нейтральных полиуглеводов / С. В. Алеева [и др.] // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2018. – Т. 61, № 2. – С. 80–85.
15. Влияние состояния карбоксильных групп пектина на сорбционное связывание ионов меди / С. В. Алеева [и др.] // Журнал физической химии. – 2018. – Т. 92, № 8. – С. 1308–1315.
16. Koksharov, S. A. Description of adsorption interactions of lead ions with functional groups of pectin-containing substances / S. A. Koksharov, S. V. Aleeva, O. V. Lepilova // *Molecular Liquids*. – 2019. – V. 283. – P. 606–616.
17. Кокшаров, С. А. Биохимическая модификация полисахаридов в процессах текстильного производства : коллективная монография / С. А. Кокшаров, С. В. Алеева // Научные основы химической технологии углеводов / отв. ред. А. Г. Захаров ; Российская акад. наук, Ин-т химии растворов. – Москва : URSS, 2008. – С. 401–523.
18. Алеева, С. В. Спектроскопический анализ степени метоксилирования полиуронидных соединений льняного волокна / С. В. Алеева, Г. В. Чистякова, С. А. Кокшаров // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2009. – Т. 52, № 10. – С. 119–122.

#### REFERENCES

1. Sharshunov, V. A. State of the flax industry in the Republic of Belarus and ways to improve its efficiency / V. A. Sharshunov, A. S. Alekseenko, M. V. Tsayts // *Bulletin of the Belarus State Agricultural Academy*. – 2019. – N 2. – P. 267–271.
2. Kandemir, A. Characterisation of natural fibres for sustainable discontinuous fibre composite materials / A. Kandemir, T. R. Pozegic, I. Hamerton // *Materials*. – 2020. – Vol. 13, N 9. – P. 1–4.
3. Swanepoel, N. Impacts of feeding a flax-seed based feed supplement on productive and reproductive performance of early lactation multiparous Holstein cows / N. Swanepoel, P. H. Robinson // *Animal Feed Science and Technology*. – 2019. – Vol.251. – P. 134–152.
4. Koksharov, S. A. Innovation in obtaining of reinforcing materials from flax raw materials to biopolymer composites / S. A. Koksharov // *Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEx)*. – 2017. – N 1. – P. 161–167.
5. Maksimyuk, N. N. Physiology of animal feeding / N. N. Maksimyuk, V. G. Skopichev. – Saint-Petersburg : Lan, 2004. – 256 p.
6. Kharitonov, E. L. Physiology and biochemistry of nutrition of dairy cows / E. L. Kharitonov. – Obninsk : Obninsk Press, 2011. – 377 p.
7. Nutrient Requirements of Dairy Cattle / National Research Council // National Academy Press. – Washington. – 2001. – P. 105–131.
8. Grudina, N. V. feed additives based on polymers / N. V. Grudina, N. S. Grudin, V. V. Bydanova // *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. – 2015. – N 6. – P. 47–49.
9. US Patent PCT (WO) № 1994.028739. Rumen-bypass fatty acid salt and protein dietary supplement for ruminants / R. Jorgensen, K. R. Cuminge, M. S. Lajoic. – Date of access: 1994.
10. GB Patent № 2113121A. Protected feedstuffs and their production / R. W. Lewes, O. J. Mc Makon, T. Tomkins. – Date of access: 1982.
11. Patent 2666769 RU. Method for fodder producing from plant raw materials with high content of lignified fiber / N. E. Petukhova, R. V. Petukhov, S. A. Koksharov, S. V. Aleeva, O. V. Lepilova // *Inventions. Useful models. Official bulletin*. – 2018. – N 26.
12. Aleeva, S. V. Technological ways to biomodification of flax fiber structure for obtaining sorption materials / S. V. Aleeva, O. V. Lepilova, S. A. Koksharov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* – 2017. – N 1. – P. 319–324.
13. Aleeva, S. V. Biochemical methods of development of the specific surface of linen materials for receiving sorbents and damping composites / S. V. Aleeva, O. V. Lepilova, S. A. Koksharov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2018. – N 4. – P. 8–95.
14. Specificity of change in sorption capacity of flax fiber under regulable biocatalytical destruction of neutral carbohydrates / S. V. Aleeva [et al.] // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*. – 2018. – Vol. 61. – N 2. – P. 80–85.

15. Effect of the state of carboxyl groups of pectin on the sorption binding of copper ions / S. V. Aleeva [et al.] // *Journal of physical chemistry* – 2018. – Vol. 92, N 8. – P. 1308–1315.
16. Koksharov, S. A. Description of adsorption inter-actions of lead ions with functional groups of pectin-containing substances / S. A. Koksharov, S. V. Aleeva, O. V. Lepilova // *Molecular Liquids*. –2019. – Vol. 283. – P. 606–616.
17. Koksharov, S. A. Biochemical modification of polysaccharides in textile production / S. A. Koksharov, S. V. Aleeva // *Scientific bases of chemical technology of carbohydrates*. Edited by A. G. Zakharov, Moscow : URSS, 2008. – P. 401–523.
18. Aleeva, S. V. Spectrophotometric method of methoxylation degree determination of polyuronide compounds of linen fiber / S. V. Aleeva, G. V. Chistyakova, S. A. Koksharov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*. – 2009. – Vol. 52, N 10. – P. 119–122.

## SPISOK LITERATURY

1. Sharshunov, V. A. Sostojanie l'novodcheskoj otrasli respubliki Belarus' i puti povysheniya ee jeffektivnosti / V. A. Sharshunov, A. S. Alekseenko, M. V. Cajc // *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. – 2019. – № 2. – S. 267–271.
2. Kandemir, A. Characterisation of natural fibres for sustainable discontinuous fibre composite materials / A. Kandemir, T. R. Pozegic, I. Hamerton // *Materials*. – 2020. – Vol 13, N 9. – P. 1–4.
3. Swanepoel, N. Impacts of feeding a flax-seed based feed supplement on productive and reproductive performance of early lactation multiparous Holstein cows / N. Swanepoel, P. H. Robinson // *Animal Feed Science and Technology*. – 2019. – Vol.251. – P. 134–152.
4. Koksharov, S. A. Innovacii v poluchenii armirujushhix materialov iz l'njano-go syr'ja dlja biopolimernyx kompozitov / S. A. Koksharov // *Fizika voloknistyx ma-terialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX)*. – 2017. – № 1. – S. 161–167.
5. Maksimjuk, N. N. Fiziologija kormlenija zhivotnyh / N. N. Maksimjuk, V. G. Skopichev. – SPb. : Lan', 2004. – 256 s.
6. Haritonov, E. L. Fiziologija i biohimija pitaniya molochnyh korov / E. L. Ha-ritonov. – Obninsk : Izd-vo Obninsk Press, 2011. – 377 s.
7. Nutrient Requirements of Dairy Cattle : seventh revised edition / National Research Council ; National Academy Press. – Washington, 2001. – 408 r.
8. Grudina, N. V. Kormovye dobavki na osnove polimerov / N. V. Grudina, N. S. Grudin, V. V. Bydanova // *Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk*. – 2015. – № 6. – S. 47–49.
9. Rumen-bypass fatty acid salt and protein dietary supplement for ruminants : pat. US RST (WO) № 1994.028739. / R. Jorgensen, K. R. Cuminge, M. S. Lajoic. – Publ. date 22.12.1994.
10. Protected feedstuffs and their production : pat. GB № 2113121A. / R.W. Lewes, O. J. Mc Makon, T. Tomkins. – Publ. date 1982.
11. Sposob poluchenija kormovogo sredstva iz rastitel'nogo syr'ja s vysokim sodержaniem odrevesnevshoj kletchatki : pat. № 2666769 RU. / N. E. Petuhova, R. V. Petuhov, S. A. Koksharov, S. V. Aleeva, O. V. Lepilova. – Opubl. 12.09.2018.
12. Aleeva, S. V. Tehnologicheskie podhody k biomodifikacii struktury l'nja-nogo volokna dlja poluchenija sorbcionnyh materialov / S. V. Aleeva, O. V. Lepilova, S. A. Koksharov // *Izvestija vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2017. – № 1. – S. 319–324.
13. Aleeva, S. V. Biohimicheskie metody razvitija udel'noj poverhnosti l'nja-nyh materialov dlja poluchenija sorbentov i demfirujushhix materialov / S. V. Aleeva, O. V. Lepilova, S. A. Koksharov // *Izvestija vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2018. – № 4. – S. 89–95.
14. Specifika izmeneniya sorbcionnoj sposobnosti l'novolokna pri reguliruemoj biokataliziruemoj destrucii nejtral'nyh poliuglevodov / S. V. Aleeva [i dr.] // *Izvestija vuzov. Himija i himicheskaja tehnologija*. – 2018. – T. 61, № 2. – S. 80–85.
15. Vlijanie sostojanija karboksil'nyh grupp pektina na sorbcionnoe svjazyva-nie ionov medi / S. V. Aleeva [i dr.] // *Zhurnal fizicheskoi himii*. – 2018. – T. 92, № 8. – S. 1308–1315.
16. Koksharov, S. A. Description of adsorption interactions of lead ions with function-al groups of pectin-containing substances / S. A. Koksharov, S. V. Aleeva, O. V. Lepilova // *Molecular Liquids*. –2019. – V. 283. – P. 606–616.
17. Koksharov, S. A. Biohimicheskaja modifikacija polisaharidov v processah tekstil'nogo proizvodstva : kollektivnaja monografija / S. A. Koksharov, S. V. Aleeva // *Nauchnye osnovy himicheskoi tehnologii uglevodov / otv. red. A. G. Zaharov ; Rossij-skaja akad. nauk, In-t himii rastvorov*. – Moskva : URSS, 2008. – S. 401–523.
18. Aleeva, S. V. Spektroskopicheskij analiz stepeni metoksilirovanija poli-uronidnyh soedinenij l'njanogo volokna / S. V. Aleeva, G. V. Chistjakova, S. A. Koksha-rov // *Izvestija vuzov. Himija i himicheskaja tehnologija*. – 2009. – T. 52, № 10. – S. 119–122.

Статья поступила в редакцию 16.05.2020

## Вкладыш для низа обуви с использованием отходов обувной и меховой промышленности

А.Н. Радюк<sup>а</sup>, Т.О. Андреева, И.А. Буланчиков, А.Н. Буркин  
Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь  
<sup>а</sup>E-mail: ana.r.13@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлен состав и технология получения вкладыша для низа обуви, приводится описание основных ингредиентов и этапов технологии. Проведены исследования его физических свойств. Анализ свойств и структуры полученных вкладышей показал, что они близки к используемым в настоящее время вкладышам на обувных предприятиях.

**Ключевые слова:** отходы полиуретана, отходы овчины, переработка отходов, технология, вкладыш, методы исследования, свойства, статистическая обработка.

## Filler for the Shoe Bottom Using Waste from the Footwear and Fur Industry

A. Radyuka<sup>a</sup>, T. Andreeva, I. Bulanchikov, A. Burkin  
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus  
<sup>a</sup>E-mail: ana.r.13@mail.ru

**Abstract.** The article presents the composition and technology for producing a filler for the shoe bottom. A description of the main ingredients and stages of technology is given. Studies of its physical properties have been carried out. The analysis of the properties and structure of the produced fillers showed that they are close to the currently used fillers at shoe factories.

**Keywords:** polyurethane waste, sheepskin waste, waste processing, technology, filler, research methods, properties, statistical processing.

### ВВЕДЕНИЕ

Для предприятий обувной и меховой промышленности, решение проблемы вовлечения в производство отходов предприятий имеет практическую значимость. Это связано с тем, что сырье и материалы в себестоимости продукции составляет более 70 % и замена их вторичным сырьем повлечет за собой снижение себестоимости продукции.

Вопросы переработки и рационального использования отходов обувного и мехового производства в последние годы является крайне актуальными во всем мире. Это объясняется образованием большого количества отходов в результате производства, которые сами по себе являются ценным материалом для переработки. Значительная часть отходов ещё не нашла применения и вывозится на полигоны для захоронения, что приводит к значительным материальным потерям и загрязнению окружающей среды.

Ежегодно безвозвратно теряются десятки тысяч тонн отходов, поэтому крайне важной задачей является наиболее полное использование и

переработка отходов обувного и мехового производства.

В связи с этим, целью данной работы является получение вкладыша для низа обуви на основе отходов обувной и меховой промышленности по структуре и свойствам, близким к изготавливаемому в настоящее время на предприятии СООО «Белвест».

Объектом исследования является вкладыш для низа обуви на основе отходов различных производств.

Предметом исследования является физические свойства и структура вкладыша, а также наличие связи компонентов между собой.

Научная новизна работы заключается в получении вкладыша для низа обуви с использованием отходов производства со свойствами и структурой, соответствующими подобным материалам.

Анализ литературных источников показал, что в настоящее время разработана технология переработки пенополиуретановых отходов и отходов верхнего кожевенного сырья в изделие «вкладыш на низ обуви» [1, 2], известны несколько вариантов изготовления вкладыша для низа обуви.

По первому варианту вкладыш размещен в пяточной части следа и выполнен из отходов обувного

производства, являющихся связующим компонентом и отходов кожи (картона, или тканых и нетканых материалов, или резиновой крошки), являющихся наполнителем [3].

По второму варианту – вкладыш для низа обуви изготовлен из отходов производства, а именно отходов искусственных кож с поливинилхлоридным или полиэфируретановым покрытием [4], взятых в следующем соотношении, мас. %: отходы искусственных кож – не менее 60; отходы обувного производства – остальное.

Сравнительный анализ вкладышей представлен в работе [5].

Известен вариант использования картона при изготовлении вкладыша для обуви метода горячей вулканизации. В качестве измельчителя использовали дробилку роторно-ножевого типа. На таком оборудовании можно осуществлять дробление отходов картона до частиц с размерами от 1 до 5 мм. Такие размеры частиц достаточны для изготовления вкладыша в обувь метода горячей вулканизации. Размолотый картон смешивали с сырой резиной в

следующих сочетаниях: сырая резиновая смесь – 50–80 мас.ч.; отходы картона – 20–50 мас.ч. После формования образцов производили вулканизацию в термостате при  $t = 180 \pm 5^\circ \text{C}$  в течение 10 мин. Через сутки пролежки образцов определяли их твердость. Все значения твердости находились в пределах 70–85 усл. единиц. Было замечено, что с увеличением содержания картона твердость несколько возрастает.

#### РАЗРАБОТКА СОСТАВА ВКЛАДЫША

На основе анализа ингредиентов, используемых для производства изделия «вкладыш на низ обуви», выявлено, что основными из них являются связующий компонент в виде отходов обувного производства и наполнитель, в качестве которого могут выступать любые виды отходов.

В качестве связующего компонента предлагается использовать вторичное полимерное сырьё в виде отходов полиуретана производства обувных предприятий г. Витебска, представленное на рисунке 1.



Рисунок 1 – Отходы полиуретана

В качестве наполнителя для производства вкладыша предлагается использовать отходы овчины меховой и шубной, образующиеся на УПП «Витебский меховой комбинат». Такой выбор связан с тем, что в среднем за год на УПП «Витебский меховой комбинат» образуется около 80 тонн отходов

производства, из которых порядка 35 % представляют собой необработанные шкуры.

Сырьё данного типа включает различные группы шкур овец: тонкорунных, полутонкорунных и полугрубых и представлено на рисунке 2.



Рисунок 1 – Отходы овчины

В качестве пластификатора в составе вкладыша использовали масло индустриальное – вариант масло трансмиссионное ТМ 5-18 (TAD-17) (ТУ 0253-003-71148628-2005), подвергнутое фильтрованию от различного рода включений размером более 0,5 мм. Масло способствовало снижению содержания полимера в смеси, позволяет облегчить переработку, способствует упрочнению компонентов и снижению твердости материала. Рецептурный состав вкладыша составлял 60 мас. ч. отходов овчины на 40 мас. ч.

отходов пенополиуретана (образец 1), 50 мас. ч. на 50 мас. ч. (образец 2) и 60 мас. ч. отходов пенополиуретана на 40 мас. ч. отходов овчины (образец 3).

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

Технология получения вкладыша для низа обуви включает в себя следующие этапы: сортировка, измельчение, смешивание, гранулирование и литье. Схема технологии представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Технология получения вкладыша для низа обуви

Представленная технология является безотходной, так как остатки полотна заново перерабатываются.

Апробация получения вкладыша проходила на производственном оборудовании предприятия ООО «Белвест».

Измельчение отходов осуществляется с помощью однороторной дробилки Alpine A 40/63-5-3 [6], мощность 30 кВт и частотой вращения ножевого ротора 900 об/мин.

Далее измельченные отходы смешивают с другими ингредиентами. Смешивание предназначено для предварительного равномерного распределения компонентов. Для этого чаще всего применяют лопастные мешалки.

Затем смесь засыпается в экструдер для переработки отходов ЭШ-75 [7], где происходит частичная деструкция отходов, пластикация, смешивание и последующее их продавливание через формообразующую фильеру. Результатом работы экструдера является получение профильного изделия. Профиль изделия определяется сменной формообразующей оснасткой. Технические характеристики экструдера: тип привода – механический, мощность привода – 4,0 кВт, количество зон терморегуляции – 4.

На выходе из экструдера матрица придает материалу нужную форму, полученное полотно складывается на стеллаж, далее из полотна резак

вырубается вкладыш, а остатки полотна заново перерабатываются.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ

Для определения методов испытаний полученных материалов были проанализированы стандарты, распространяющиеся на материалы для низа обуви, а также основные показатели, определяемые для оценки качества полученных ранее вкладышей для низа обуви. В результате анализа выявлено, что в качестве

нормативной базы для анализа физико-механических показателей на большинстве обувных предприятий используют ГОСТ 7926-75 «Резина для низа обуви. Методы испытаний» [8]. Данный стандарт определяет перечень физико-механических показателей, характеризующих свойства материалов и методы проведения испытаний. Основными показателями, которые позволяют оценить качество вкладышей в большинстве случаев являются показатели плотности и твердости, методика определения которых представлена в таблице 1.

**Таблица 1 – Методика определения плотности и твердости вкладышей для низа обуви**

| Наименование показателя | Методика   | Прибор  |
|-------------------------|--|---|
| Плотность [9]           | <p>Определяется путем взвешивания пластинок материалов с заданными геометрическими размерами, то есть определенного объема.</p> <p>Плотность определяли по формуле в г/см<sup>3</sup></p> $\rho = \frac{m}{V}$   | Весы лабораторные электронные РА DWAG тип WLC 6/12/F1/K |
| Твердость [10]          | <p>Испытуемый образец помещают на горизонтальную поверхность, а твердомер устанавливают на образец в перпендикулярном положении. Твердость измеряют не менее чем в трех точках в разных местах образца. За результат принимают среднее арифметическое всех измерений. Допускаемое отклонение каждого измерения от среднего арифметического значения не должно превышать ±3 единицы</p> | Твердомер тип 2033 ТИР                                  |

Статистическую обработку результатов испытания проводят по ГОСТу 269-66 «Резина. Общие требования к проведению физико-механических испытаний» [11] и вычисляют следующие характеристики: среднее арифметическое результатов испытаний ( $\bar{X}$ ), оценку среднего квадратического отклонения результатов испытаний (S), коэффициент вариации результатов испытания (v), значение, равное половине доверительного интервала (ε), относительное отклонение (β).

Исследование структуры вкладышей проводили с помощью микроскопа BestScope BPM-130 USB Portable Digital Microscope [12], представленного на рисунке 4. Анализ включал в себя исследование однородности структуры полученных вкладышей, выявления адгезионной связи и наличия либо отсутствия внутренних дефектов.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ

В производственных условиях предприятия СООО «Белвест» были получены образцы вкладышей двух различных составов, а также «эталонный» образец вкладыша, производимый на предприятии, включающий в себя 1 мас. ч. отходов пенополиуретан + 1 мас. ч. первичного пенополиуретана + 3 мас. ч. отходов кожи. Средние значения свойств полученных вкладышей представлены в таблице 2.



**Рисунок 4 – Микроскоп BestScope BPM-130 USB Portable Digital Microscope**

Таблица 2 – Свойства вкладышей

| Вкладыш                         | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Твердость, усл. ед. |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Образец 1                       | 0,86                         | 40                  |
| Образец 2                       | 0,96                         | 50                  |
| Образец 3                       | 1,00                         | 65                  |
| «Эталон» вариант СООО «Белвест» | 1,06                         | 75                  |

Из данных таблицы 2 видно, что наилучшим вариантом вкладыша, близким по свойствам «эталону» является образец 3, в составе которого минимальное содержание отходов овчины.

При этом необходимо отметить, что плотность образцов не сильно варьирует, а вот твердость

изменяется в значительных пределах. Статистическая обработка результатов испытания твердости полученных вкладышей представлена в таблице 3.

Структура «эталонного» образца вкладыша и наилучшего полученного образца представлена на рисунках 5–6 соответственно.

Таблица 3 – Статистическая обработка результатов испытания твердости вкладышей

| Композиция | $\bar{X}$ | $S$ | $\nu$ | $\epsilon$ | $\beta$ | С Р = 95 % значения находятся |
|------------|-----------|-----|-------|------------|---------|-------------------------------|
| 1          | 50,3      | 9,0 | 18,0  | 6,5        | 12,9    | 50,3 ± 6,5 (43,8 – 56,8)      |
| 2          | 39,6      | 5,0 | 12,6  | 3,6        | 9,0     | 39,6 ± 3,6 (36,0 – 43,2)      |
| 3          | 64,5      | 7,9 | 12,3  | 5,7        | 8,8     | 64,5 ± 5,7 (58,8 – 70,2)      |



Рисунок 5 – Структура «эталонного» образца вкладыша



Рисунок 6 – Структура наилучшего полученного образца вкладыша

По анализу рисунков 5 и 6 выявлено, что:

– «эталонный» образец характеризуется тесной связью компонентов структуры, отходы кожи находятся внутри структуры, однако кое-где

наблюдаются и небольшие пустоты между компонентами структуры, и неровности на обеих поверхностных сторонах, данный образец имеет химическую теорию адгезии;

– наилучший образец вкладыша характеризуется тесной связью, волокна овчины спутываются между собой, что способствует укреплению образца, поверхностные стороны образца гладкие, блестящие, данный образец имеет химическую теорию адгезии;

– у обоих образцов внутренних дефектов в виде расслоений, трещин, разломов не выявлено.

В рамках работы также произведена апробация вкладышей на прочность сцепления с литевой композицией для изготовления подошв, которая показала, что данные вкладыши имеют достаточную степень адгезии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработана технология и рецептура вкладыша в пяточную часть подошвы. В состав композиции для вкладыша вводили стеарат кальция, масло индустриальное, отходы пенополиуретана в качестве основного компонента и отходы овчины в качестве наполнителя. Полученные образцы вкладыша исследовали по двум показателям:

плотность и твердость. В результате анализа установлено, что имеют достаточно близкие значения к вкладышу, производимому на предприятии СООО «Белвест». Анализ структуры и произведенная апробация вкладышей на прочность сцепления с литевой композицией для изготовления подошв показали, что они имеют достаточную степень адгезии.

В дальнейшем возможно получение вкладышей низкой плотности, что может быть достигнуто путем введения целевых добавок, оказывающих влияние как на технологический процесс экструзии, так и на структуру композита. Это могут быть низкоплавкие термопласты (для облегчения компаундирования компонентов и придания формоустойчивости изделию), пористые материалы (для привнесения в систему низкоплотной фазы), жидкие и твердые пластификаторы (для облегчения контакта частиц компонентов и повышения текучести смеси), порофоры (для снижения плотности) и т. п.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обувные материалы из отходов пенополиуретанов / А. Н. Буркин [и др.]; УО «ВГТУ». – Витебск : ВГТУ, 2001. – 173 с.
2. Буркин, А. Н. Переработка твердых отходов обувных предприятий г. Витебска / А. Н. Буркин, К. С. Матвеев, В. К. Смелков ; ВГТУ. – Витебск : ВГТУ, 2000. – 118 с.
3. Низ обуви : патент 3361 Респ. Беларусь : МПК6 А 43В 13/04, А 43В 21/00 / Н. В. Мартынов, Н. С. Ковальков, В. В. Залесский, Д. Р. Амирханов, К. С. Матвеев, В. В. Савицкий, А. Л. Коваленко, О. В. Стайнов, В. В. Пятов, О. Н. Ахтанин ; заявитель и патентообладатель Витебский гос. технол. ун-т, ООО «Предприятие МАРКО». – № 970168 ; заявл. 24.03.1997 ; опубл. 30.06.2000, Бюл. № 2 (25).
4. Вкладыш для низа обуви : патент 7134 Респ. Беларусь : МПК7 С 08J 11/04, А 43В 13/42 / А. Н. Буркин, О. И. Трофименко, К. С. Матвеев ; заявитель и патентообладатель УО «Витебский государственный технологический университет», ОАО «Лидская обувная фабрика». – № а 20000975 ; заявл. 27.10.2000 ; опубл. 30.06.2005, Бюл. № 2 (45).
5. Материалы и технологии получения изделий на основе отходов полиуретанов / А. Н. Радюк [и др.] // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2020. – № 1 (38). – С. 100–112.
6. Trading machines and plastics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.schulzpartnerinternational.de/en/granulators.html?order=new&item=3776&action=details>. – Дата доступа 01.10.2020.
7. Экструдеры шнековые для предприятий легкой промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technoparkvitebsk.by/working/suggestions/oborudovanie/11-extruders>. – Дата доступа: 01.10.2020.
8. ГОСТ 7926-75 Резина для низа обуви. Методы испытаний. – Взамен ГОСТ 7926-56 ; введ. 30.06.1976. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 8 с.
9. ГОСТ 267-73 Резина. Методы определения плотности. – Взамен ГОСТ 267-60 ; введ. 01.01.1975. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 6 с.
10. ГОСТ 263-75 Резина. Метод определения твердости по Шору А. – Взамен ГОСТ 263-53 ; введ. 01.01.1977. – Москва : Государственный комитет по стандартам, 1988. – 7 с.
11. Резина. Общие требования к проведению физико-механических испытаний : ГОСТ 269-66. – Взамен ГОСТ 260-53 ; введ. 30.06.1966. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 10 с.
12. Микроскоп [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.bestmicroscope.net/sdp/1115062/4/pd5293202/83230462855876/BestScope\\_USB\\_digital\\_microscope\\_BP\\_M-130.html](http://www.bestmicroscope.net/sdp/1115062/4/pd5293202/83230462855876/BestScope_USB_digital_microscope_BP_M-130.html). – Дата доступа 01.10.2020.

## REFERENCES

1. Shoe materials from waste polyurethane foam / A. N. Burkin [et al.]; UO "VSTU". – Vitebsk : VSTU, 2001. – 173 p.
2. Burkin, A. N. Solid waste processing of shoe enterprises in Vitebsk / A. N. Burkin, K. S. Matveev, V. K. Smelkov ; VSTU. – Vitebsk : VSTU, 2000. – 118 p.

3. Bottom of shoes : patent 3361 Rep. Belarus: MPK6 A 43B 13/04, A 43B 21/00 / N. V. Martynov, N. S. Kovalkov, V. V. Zalessky, D. R. Amirhanov, K. S. Matveev, V. V. Savitsky A. L. Kovalenko, O. V. Stainov, V. V. Pyatov, O. N. Akhtanin; applicant and patentee Vitebsk state. technol. un-t, LLC "Enterprise MARKO". – №. 970168 ; declared 03.24.1997 ; publ. 06/30/2000, Bul. №. 2 (25).

Insert for the bottom of the shoe : patent 7134 Rep. Belarus: MPK7 C 08J 11/04, A 43B 13/42 / A. N. Burkin, O. I. Trofimenko, K. S. Matveev ; applicant and patentee of UO "Vitebsk State Technological University", OJSC "Lida Shoe Factory". – № a 20000975 ; declared 10/27/2000 ; publ. 30.06.2005, Bul. №. 2 (45).

5. Materials and technologies for producing products based on polyurethane waste / A. N. Radyuk [et al.] // Bulletin of the Vitebsk State Technological University. – 2020. – №. 1 (38). – P. 100–112.

6. Trading machines and plastics [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.schulzpartnerinternational.de/en/granulators.html?order=new&item=3776&action=details>. – Date of access 01.10.2020.

7. Screw extruders for light industry enterprises [Electronic resource]. – Access mode: <http://technoparkvitebsk.by/working/suggestions/oborudovanie/11-extruders>. – Date of access: 01.10.2020.

8. GOST 7926-75 Rubber for shoe bottoms. Test methods. – Instead of GOST 7926-56 ; entered 06/30/1976. – Moscow : IPK Publishing house of standards, 1998. – 8 p.

9. GOST 267-73 Rubber. Density determination methods. – Instead of GOST 267-60 ; entered 01/01/1975. – Moscow : IPK Publishing house of standards, 2001. – 6 p.

10. GOST 263-75 Rubber. Method for determination of Shore A hardness. – Instead of GOST 263-53 ; entered 01/01/1977. – Moscow : State Committee for Standards, 1988. – 7 p.

11. Rubber. General requirements for physical and mechanical tests : GOST 269-66. – Instead of GOST 260-53 ; entered 06/30/1966. – Moscow : IPK Publishing house of standards, 2001. – 10 p.

12. Microscope [Electronic resource]. – Access mode : [http://www.bestmicroscope.net/sdp/1115062/4/pd5293202/83230462855876/BestScope\\_USB\\_digital\\_microscope\\_BP\\_M-130.html](http://www.bestmicroscope.net/sdp/1115062/4/pd5293202/83230462855876/BestScope_USB_digital_microscope_BP_M-130.html). – Date of access 01.10.2020.

#### SPISOK LITERATURY

1. Obuvnye materialy iz othodov penopoliuretanov / A. N. Burkin [i dr.] ; UO "VGTU". – Vitebsk : VGTU, 2001. – 173 s.

2. Burkin, A. N. Pererabotka tverdyh othodov obuvnyh predpriyatij g. Vitebska / A. N. Burkin, K. S. Matveev, V. K. Smelkov ; VGTU. – Vitebsk : VGTU, 2000. – 118 s.

3. Niz obuvi : patent 3361 Resp. Belarus' : MPK6 A 43B 13/04, A 43B 21/00 / N. V. Martynov, N. S. Koval'kov, V. V. Zalesskij, D. R. Amirhanov, K. S. Matveev, V. V. Savickij, A. L. Kovalenko, O. V. Stajnov, V. V. Pjatov, O. N. Ahtanin ; zajavitel' i patentoobladatel' Vitebskij gos. tehnol. un-t, OOO "Predpriyatje MARKO". – № 970168 ; zajavl. 24.03.1997 ; opubl. 30.06.2000, Bjul. № 2 (25).

4. Vkladysh dlja niza obuvi : patent 7134 Resp. Belarus' : MPK7 C 08J 11/04, A 43B 13/42 / A. N. Burkin, O. I. Trofimenko, K. S. Matveev ; zajavitel' i patentoobladatel' UO «Vitebskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet», OAO «Lidskaja obuvnaja fabrika». – № a 20000975 ; zajavl. 27.10.2000 ; opubl. 30.06.2005, Bjul. № 2 (45).

5. Materialy i tehnologii poluchenija izdelij na osnove othodov poliuretanov / A. N. Radjuk [i dr.] // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. – 2020. – № 1 (38). – S. 100–112.

6. Trading machines and plastics [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.schulzpartnerinternational.de/en/granulators.html?order=new&item=3776&action=details>. – Data dostupa 01.10.2020.

7. Jekstrudery shnekovye dlja predpriyatij legkoj promyshlennosti [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://technoparkvitebsk.by/working/suggestions/oborudovanie/11-extruders>. – Data dostupa: 01.10.2020.

8. GOST 7926-75 Rezina dlja niza obuvi. Metody ispytaniy. – Vzamen GOST 7926-56 ; vved. 30.06.1976. – Moskva : IPK Izd-vo standartov, 1998. – 8 s.

9. GOST 267-73 Rezina. Metody opredelenija plotnosti. – Vzamen GOST 267-60 ; vved. 01.01.1975. – Moskva : IPK Izd-vo standartov, 2001. – 6 s.

10. GOST 263-75 Rezina. Metod opredelenija tverdosti po Shoru A. – Vzamen GOST 263-53 ; vved. 01.01.1977. – Moskva : Gosudarstvennyj komitet po standartam, 1988. – 7 s.

11. Rezina. Obshhie trebovanija k provedeniju fiziko-mehaničeskikh ispytaniy : GOST 269-66. – Vzamen GOST 260-53 ; vved. 30.06.1966. – Moskva : IPK Izdatel'stvo standartov, 2001. – 10 s.

12. Mikroskop [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://www.bestmicroscope.net/sdp/1115062/4/pd5293202/83230462855876/BestScope\\_USB\\_digital\\_microscope\\_BP\\_M-130.html](http://www.bestmicroscope.net/sdp/1115062/4/pd5293202/83230462855876/BestScope_USB_digital_microscope_BP_M-130.html). – Data dostupa 01.10.2020.

Статья поступила в редакцию 28.04.2020

## Исследование эффективности пластинчатого теплообменника

**В.И. Столяренко<sup>а</sup>, С.В. Жерносек, В.И. Ольшанский, А.С. Марущак, В.Ю. Мовсесян**  
**Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь**  
<sup>а</sup>Е-mail: stoljarenkov@mail.ru

**Аннотация.** В статье проведен эксергетический анализ теплообменных процессов, протекающих в пластинчатом теплообменнике при различных режимах работы и повышение эффективности его работы.

Объектом исследования является пластинчатый теплообменный аппарат.

Предметом исследований являются процессы теплообмена в пластинчатом теплообменнике.

Цель работы – исследование эффективности работы теплообменного аппарата при различных режимах работы.

В процессе работы выполнены экспериментальные исследования влияния режима работы и характера движения теплоносителей на эксергетический КПД и на величину потерь эксергии теплообменника.

**Ключевые слова:** исследование, эксергия, теплообмен, эксперимент, энергия.

## Development of Research Methods for Performance Properties of Composite Layered Materials

**V. Stolyarenko<sup>a</sup>, S. Zhernosek, V. Olshansky, A. Marushchak, V. Movsesyan**  
**Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus**  
<sup>a</sup>E-mail: stoljarenkov@mail.ru

**Annotation.** The article provides an exergy analysis of the heat exchange processes occurring in a plate heat exchanger under various operating modes and increasing the plate heat exchanger efficiency.

The object of research is a plate heat exchanger.

The subject of research is the processes of heat transfer in a plate heat exchanger.

The purpose of the work is to study the efficiency of the heat exchanger under various operating modes.

In the course of work, experimental studies were carried out to determine the influence of the operating mode and the nature of the movement of coolants on the exergy efficiency and the amount of exergy losses of the heat exchanger.

**Key words:** research, exergy, heat transfer, experiment, energy..

### ВВЕДЕНИЕ

Технологические процессы тепловой и влажно-термической обработки изделий и сырья и полуфабрикатов в текстильной и легкой промышленности связаны с потреблением большого количества энергии. К энергозатратным процессам относятся сушка меха, кожи, обуви, производство искусственных материалов на полимерной основе, пленочных материалов, искусственной кожи, обработка теплом либо паром швейных изделий. Для повышения энергетической эффективности и улучшения экологических показателей производства необходима утилизация используемых химических веществ и растворителей с последующим их возвратом в производственный цикл, а также рекуперация энергии уходящих выбросов. Рациональное использование энергетических ресурсов в технологическом цикле производства изделий в легкой промышленности имеет большой

потенциал возможностей для повышения энергетической эффективности применяемых аппаратов [1–5].

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования пластинчатого теплообменника выбраны эксергетические показатели, которые позволяют учитывать взаимодействие процесса теплообмена с окружающей средой и возрастание энтропии системы. Расчет теплообменного аппарата с использованием уравнений для расчета потерь эксергии кожухотрубного теплообменника, адаптированный для расчета пластинчатого, эксергетического КПД теплообменника, согласно этой методике, имеет вид [3]

$$\eta_{\text{экс}} = 1 - \frac{\sum D}{E_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

где  $E_{вх}$  – поток эксергии на входе в аппарат.

Сумма потерь эксергии  $\sum D$  находится из соотношения

$$\sum D = D_{\Delta T} + D_{\Delta P} + D_{\Delta \text{ос}}, \quad (2)$$

где  $D_{\Delta T}$  – потери эксергии от конечной разности температур, Дж,  $D_{\Delta P}$  – потери эксергии на гидравлические сопротивления, Дж,  $D_{\Delta \text{ос}}$  – потери эксергии от теплообмена с окружающей средой.

При теплообмене с изменением температур вдоль теплообменника потеря эксергии от конечной разности температур находится по уравнению [3]:

$$D_{\Delta T} = G_1 \cdot \Delta e_1 + G_2 \Delta e_2, \quad (3)$$

где  $G_1$  и  $G_2$  – массовые расходы теплоносителей, кг/с,  $\Delta e_1$  и  $\Delta e_2$  – изменение удельной эксергии потока в теплообменнике для теплоносителей, Дж/кг.

Из уравнений следует, что при повышении температурного напора в теплообменнике потери эксергии от конечной разности температур снижаются.

Потери эксергии от гидравлических сопротивлений можно определить по формуле [4]

$$D_{\Delta P} = T_0 \cdot G_1 - \frac{\beta_1 \cdot (P_1'' - P_1')}{\rho_1}, \quad (4)$$

где  $\beta$  – коэффициент объемного (термического) расширения для жидкостей, 1/К,  $\rho$  – плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>,  $P_1''$ ,  $P_1'$  – давление на выходе и входе в теплообменник.

Потери теплоты в окружающую среду обусловлены несовершенством тепловой изоляции и приводят к снижению эксергии потоков рабочих сред на выходе из теплообменника. Количественно потери теплоты в окружающую среду определяются из уравнения [3].

$$D_{\text{ос}} = Q_1^{\text{пот}} \cdot \left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right) + Q_2^{\text{пот}} \cdot \left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right), \quad (5)$$

где  $Q_1^{\text{пот}}$  и  $Q_2^{\text{пот}}$  – потери теплоты теплоносителей, Вт,  $T_1$  и  $T_2$  – среднелогарифмические температуры теплоносителей.

Для определения эксергетического КПД разработан лабораторный стенд, позволяющий оценить влияние режимов работы (характер движения, расход, температура теплоносителей) на величину этих потерь тепловой энергии. В состав стенда входит пластинчатый теплообменник Wort Chiller, технические характеристики которого представлены в таблице 1. Конструктивно теплообменник состоит из 20 пластин из нержавеющей стали марки 304 толщиной 0,3 мм, паянных чистой медью в бескислородной печи. На входах и выходах

установлены фитинги с резьбой 1/2 дюйма. Для измерения температуры используются металлические водонепроницаемые датчики температуры NTS. Для исследования КПД аппарата в конструкции предусмотрен съемный термоизоляционный кожух.

Таблица 1 – Технические характеристики пластинчатого теплообменника

| Показатель                                      | Значение      |
|---|---------------|
| Максимальная скорость потока, м <sup>3</sup> /с | 0,07          |
| Рабочее давление, МПа                           | 1,0           |
| Максимальное давление, МПа                      | 2,0           |
| Производительность, кВт                         | 1-5           |
| Габаритные размеры, мм                          | 190 × 73 × 65 |
| Число пластин, шт.                              | 20            |

Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.

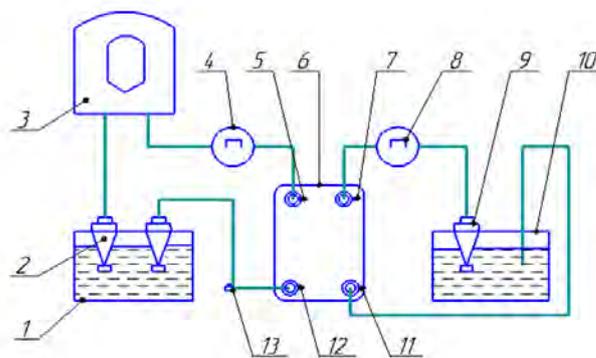


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки: 1 – резервуар горячего теплоносителя, 2 – циркуляционный насос подачи горячего теплоносителя, 3 – водонагреватель, 4 – счетчик расхода горячего теплоносителя, 5 – датчик температуры горячего теплоносителя на входе в теплообменник Т1, 6 – пластинчатый теплообменник, 7 – датчик температуры горячего и холодного теплоносителя Т3, 8 – счетчик расхода холодного теплоносителя, 9 – насос подачи холодного теплоносителя, 10 – резервуар холодного теплоносителя, 11 – датчик температуры горячего теплоносителя на входе теплообменника Т2, 12 – датчик температуры холодного теплоносителя Т4; 13 – сливной кран

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рисунках 2–3 приведены графики зависимости величины потерь эксергии и итогового КПД теплообменника от изменения условий термодинамического процесса.

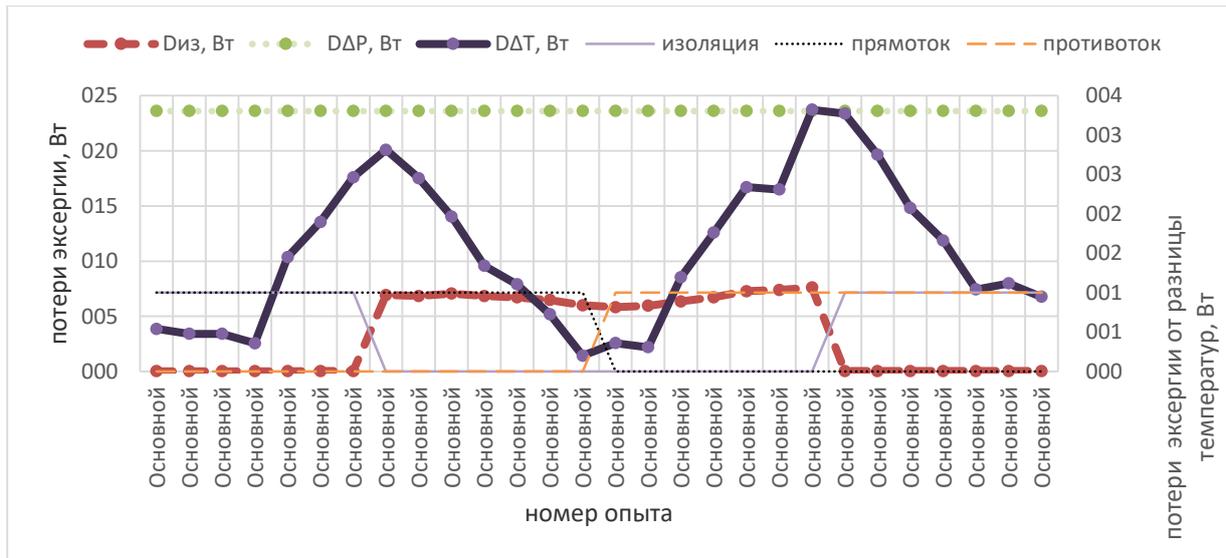


Рисунок 2 – График изменения потерь эксергии

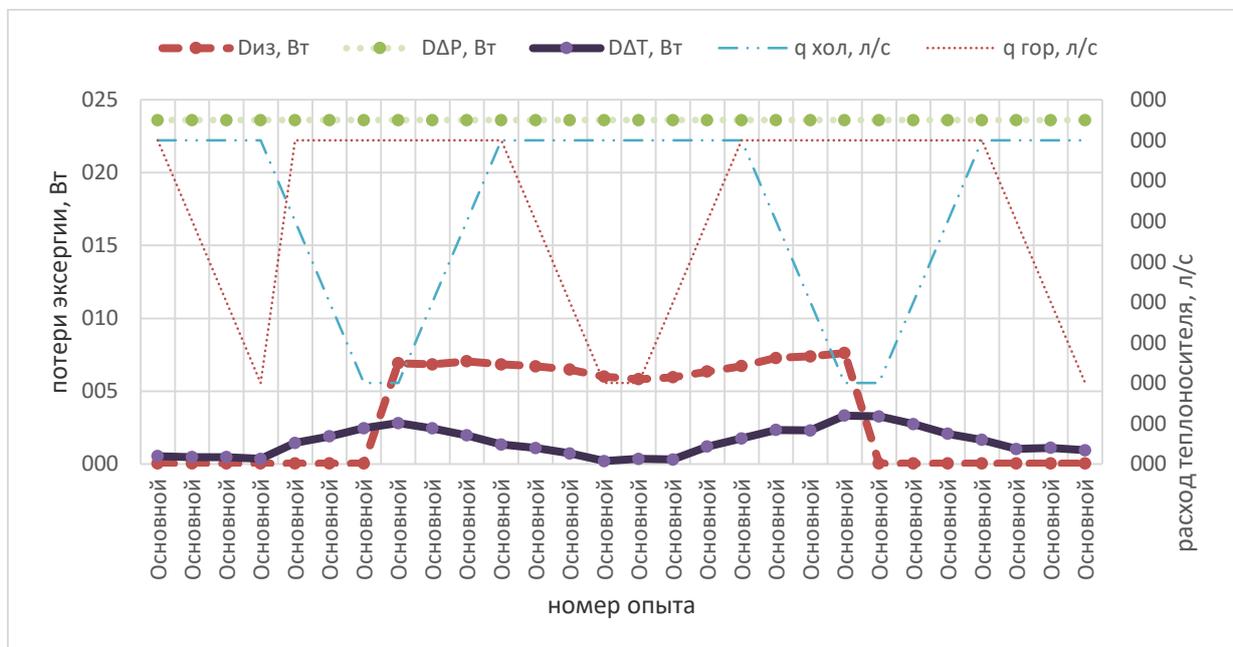


Рисунок 3 – Зависимость потерь эксергии от расхода теплоносителей

Анализ представленных графиков позволяет определить влияние режимов работы теплообменника на каждый из видов эксергетических потерь. Совместив график потерь эксергии с графиками изменения условий проведения эксперимента, можно определить степень влияния изменяющихся факторов и условий работы теплообменного аппарата на тот или иной вид эксергетических потерь в аппарате. Из графика видно, что при снятии термоизоляционного кожуха происходит скачок потерь эксергии, обусловленный внешней теплопередачей. Снятие изоляции сказывается на росте потерь эксергии от конечной разницы температур на выходе из теплообменника. Смена режима течения теплоносителя приводит к снижению потерь эксергии от внешнего теплообмена и росту потерь эксергии от

конечной разницы температур. Это объясняется переходными процессами, вызванными тепловой инерцией материала теплопередающих пластин, когда горячий теплоноситель начинает подаваться в более холодную камеру. Потери эксергии, вызванные снижением давления в каналах, определяются конструкцией теплообменника и имеют постоянные значения в рассматриваемых условиях эксперимента. Влияние расхода теплоносителя проявляется в увеличении потерь эксергии, вызванных конечной разницей температур теплоносителя на выходе из теплообменника при повышенном расходе горячего теплоносителя относительно холодного. Максимальные затраты эксергии по этому виду потерь наблюдаются при максимальном расходе горячего теплоносителя и минимальном – холодного, когда

холодный теплоноситель не может забрать большое количество тепла от горячего и горячий теплоноситель покидает теплообменник практически без снижения температуры, разница температур на выходе из теплообменника возрастает. Величина эксергии, приведенной к входу в аппарат при снижении расхода горячего теплоносителя, снижается, падает и

интенсивность теплообмена, что отражается на КПД теплообменного аппарата.

В результате анализа полученных данных и расчетных параметров построена зависимость КПД от изменения факторов и условий проведения эксперимента, позволяющая оценить эксергетическую эффективность рассматриваемого теплообменного аппарата в зависимости от режима его работы (рис. 4).

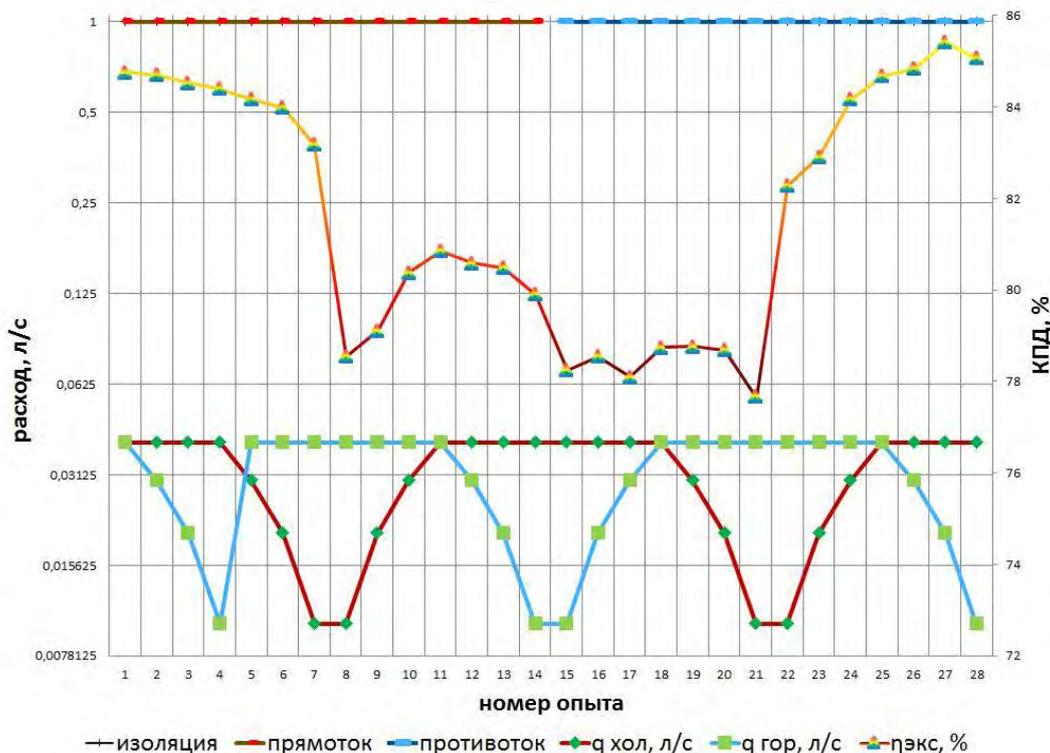


Рисунок 4 – Зависимость изменения КПД теплообменника от условий эксперимента

График зависимости КПД теплообменника условно можно разделить на четыре участка. На первом участке зависимости (эксперименты № 1–7) осуществлен режим прямотока теплоносителей с установленной термоизоляцией на корпусе теплообменника. В опытах 1–4 происходит снижение расхода холодного теплоносителя, при постоянном расходе горячего теплоносителя. В опытах 4–5 происходит снижение расхода горячего теплоносителя и увеличение расхода холодного теплоносителя. В опытах 5–7 происходит снижение расхода горячего теплоносителя при постоянном расходе холодного теплоносителя. На данном участке установлено стабильное снижение КПД. В опыте № 5 КПД приближается к начальному значению, после чего снова снижается. Установлено, что при режиме прямотока с использованием теплоизоляции оптимальным будет режим при одинаковом расходе горячего и холодного теплоносителей.

На втором участке графика зависимости (эксперименты № 8–14) задан режим прямотока теплоносителей без термоизоляции на корпусе теплообменника. В опытах 8–11 происходит

увеличение расхода горячего теплоносителя, при постоянном расходе холодного теплоносителя. В опытах 11–14 происходит снижение расхода холодного теплоносителя при постоянном расходе горячего теплоносителя. На данном участке происходит резкое снижение КПД, обусловленное снятием термоизоляции с корпуса теплообменника. Установлено, что при режиме прямотока без использования термоизоляции оптимальным будет режим при одинаковом расходе горячего и холодного теплоносителей.

На третьем участке графика зависимости (эксперименты № 15–21) осуществлен режим противотока теплоносителей без установленной термоизоляции на корпусе теплообменника. В опытах 15–18 происходит увеличение расхода холодного теплоносителя, при постоянном расходе горячего теплоносителя. В опытах 18–21 происходит снижение расхода горячего теплоносителя при постоянном расходе холодного теплоносителя. На данном участке происходит резкое снижение КПД, что обусловлено отсутствием термоизоляции и тепловой инерцией материала теплообменника.

Установлено, что при режиме противотока без использования теплоизоляции оптимальным будет режим при большем расходе горячего теплоносителя относительно холодного.

На четвёртом участке зависимости (эксперименты № 22–28) осуществлен режим противотока теплоносителей с установленной термоизоляцией на корпусе теплообменника. В опытах 22–25 происходит увеличение расхода горячего теплоносителя, при постоянном расходе холодного теплоносителя. В опытах 25–28 происходит снижение расхода холодного теплоносителя при постоянном расходе горячего теплоносителя. На данном участке происходит увеличение КПД, что обусловлено наличием термоизоляции и режимом течения теплоносителей. Установлено, что при режиме противотока с использованием термоизоляции оптимальным является режим при большем расходе горячего теплоносителя относительно холодного.

Экспериментально установлено, что КПД достигает своего максимума при установленной термоизоляции, в режиме противотока теплоносителей, когда расход горячего теплоносителя немного превышает расход холодного теплоносителя. Для режима прямотока КПД достигает своего максимума при установленной термоизоляции, когда расходы горячего и холодного теплоносителей одинаковы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлены способы повышения эффективности работы пластинчатого теплообменника.

2. Показано падение эксергетического КПД теплообменника при отсутствии термоизоляции и при переходных процессах, вызванных изменением характера движения теплоносителей. КПД аппарата снижается при относительном уменьшении подачи горячего теплоносителя по отношению к холодному и растет при его повышении. Для всех рассмотренных режимов работы КПД составляет 78–84 %, что значительно меньше теоретического значения, которое для данного типа пластинчатых теплообменников составляет порядка 90 %.

3. Определено максимальное значение КПД пластинчатого теплообменного аппарата, которое практически может быть получено на любом аналогичном аппарате при противоточной схеме движения теплоносителей с установленной термоизоляцией и режимом расхода теплоносителей, обеспечивающим превышение расхода горячего теплоносителя над холодным.

4. Показаны перспективы использования пластинчатых теплообменных аппаратов, как эффективных средств утилизации вторичных энергоресурсов на предприятиях текстильной и легкой промышленности, имеющие связь.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, А. А. Эксергия термодинамических систем / А. А. Александров // Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://twt.mpei.ac.ru/ТТНВ/2/Aleksandrov/Chapter-6/6-1.pdf>. – Дата доступа: 22.01.2020.
2. Семенюк, Л. Г. Термодинамическая эффективность теплообменников / Л. Г. Семенюк // Инженерно-физический журнал. – 1990. – Т. 59, № 6. – С. 935–942.
3. Кручинин, М. И. Теоретические основы энерго-и ресурсосбережения. Эксергетический анализ теплообменных аппаратов : учеб. пособие / М. И. Кручинин, Е. М. Шадрин ; ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 44 с.
4. Павлов, К. Ф. Примеры задач по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под ред. чл.-корр. АН СССР П. Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
5. Чичиндаев, А. В. Тепломассообмен в компактных пластинчато-ребристых теплообменниках / А. В. Чичиндаев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2009. – 298 с.

## REFERENCES

1. Aleksandrov, A. A. Exergy of thermodynamic systems / A. A. Aleksandrov // Thermodynamic foundations of cycles of thermal power plants [Electronic resource]. – Access mode: <http://twt.mpei.ac.ru/ТТНВ/2/Aleksandrov/Chapter-6/6-1.pdf>. – Date of access: 01.22.2020.
2. Semenyuk, L. G. Thermodynamic efficiency of heat exchangers / L. G. Semenyuk // Engineering-physical journal. – 1990. – Т. 59, № 6. – P. 935–942.
3. Kruchinin, M. I. Theoretical foundations of energy and resource saving. Exergetic analysis of heat exchangers: textbook. allowance / M. I. Kruchinin, E. M. Shadrina ; GOU VPO Ivan. state chem.-technol. un-t. – Ivanovo, 2007. – 44 p.
4. Pavlov, K. F. Examples of tasks in the course of processes and devices of chemical technology: a textbook for universities / K. F. Pavlov, P. G. Romankov, A. A. Noskov ; ed. Corresponding Member Of the USSR Academy of Sciences P. G. Romankova. – 10th ed., Rev. and add. – L. : Chemistry, 1987. – 576 p.
5. Chichindaev, A. V. Heat and mass transfer in compact plate-ribbed heat exchangers / A. V. Chichindaev. – Novosibirsk : Publishing house of NSTU, 2009. – 298 p.

SPISOK LITERATURY

1. Aleksandrov, A. A. Jeksergija termodinamicheskikh sistem / A. A. Aleksandrov // Termodinamicheskie osnovy ciklov teplojenergeticheskikh ustanovok [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://twf.mpei.ac.ru/TTHB/2/Aleksandrov/Chapter-6/6-1.pdf>. – Data dostupa: 22.01.2020.
2. Semenjuk, L. G. Termodinamicheskaja jeffektivnost' teploobmennikov / L. G. Semenjuk // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. – 1990. – T. 59, № 6. – S. 935–942.
3. Kruchinin, M. I. Teoreticheskie osnovy jenergo-i resursosberezhenija. Jeksergeticheskij analiz teploobmennyh apparatov : ucheb. posobie / M. I. Kruchinin, E. M. Shadrina ; GOU VPO Ivan. gos. him.-tehnol. un-t. – Ivanovo, 2007. – 44 s.
4. Pavlov, K. F. Primery zadach po kursu processov i apparatov himicheskoy tehnologii : uchebnoe posobie dlja vuzov / K. F. Pavlov, P. G. Romankov, A. A. Noskov ; pod red. chl.-korr. AN SSSR P. G. Romankova. – 10-e izd., pererab. i dop. – L. : Himija, 1987. – 576 s.
5. Chichindaev, A. V. Teplomassoobmen v kompaktnyh plastinchato-rebristyh teploobmennikah / A. V. Chichindaev. – Novosibirsk : Izd-vo NGTU, 2009. – 298 s.

Статья поступила в редакцию 30.03.2020

## Хан атлас и бекасам: традиция, современность

Б.П. Торебаев<sup>1а</sup>, З.И.Рахимова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Национальный институт художеств и дизайна имени Камолитдина Бехзода, Республика Узбекистан

<sup>а</sup>E-mail: b.torebaev@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена описанию ткани, выработанной по традиционной технологии шелкопряда абра-икат, а также делению абровых тканей по виду сырья, использованию их в быту и основным орнаментальным мотивам и их сочетаниям. В работе рассматриваются отличия по композиции, художественному оформлению, технике исполнения и своеобразие дизайна узбекской полосатой ткани алача. В работе изучены: колорит текстильных изделий Центральной Азии, традиционные гаммы цветов в различных регионах, получение новой ткани «абровый бекасам», использование абровых тканей в авторских коллекциях известных дизайнеров одежды дальнего и ближнего зарубежья.

**Ключевые слова:** : абра-икат, алача, бекасам, хан-атлас.

## Khan Atlas and Snipe: Tradition, Modernity

B. Torebaev<sup>1а</sup>, Z. Rakhimova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>South Kazakhstan University named after M. Auezov, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup>National Institute of arts and design named after Kamoliddin Behzod, Republic of Uzbekistan

<sup>а</sup>E-mail: b.torebaev@mail.ru

**Annotation.** The article is devoted to the following aspects: description of the fabric developed by the traditional technology of the silkworm abra-ikat; division of Avra fabrics according to the type of raw material; the use of these fabrics in everyday life; the main ornamental motifs and their combinations; the difference between the composition and its artistic design; the uniqueness of the technique and design of the Uzbek striped fabric – "alacha"; drawing up the color of textile products in Central Asia; traditional favorite color schemes in various regions of Central Asia; producing a new fabric "avrovyy snipe"; using avrovyy fabrics in collections of famous fashion designers from far and near abroad countries.

**Key words:** abra-ikat, alocha, bekasam, khan-atlas.

Традиционный древнейший вид декоративно-прикладного искусства народов Центральной Азии, такой как художественный текстиль, претерпев ряд изменений, дошел до наших дней. Самым известным, роскошным, тяжелым и плотным шелковым материалом является атлас. Атлас, в переводе с арабского, означает «гладкий», и поэтому ткань названа по одному из главных ее признаков.

Атлас отличается особым уникальным видом переплетения, не только с гладкой, но и с блестящей поверхностью, так как на верхней основе располагается более ценное волокно. Среди этих тканей, как широко производимых в Центральной Азии, особый интерес вызывает текстильное полотно, выработанное по традиционной технологии шелкопряда «абр», означающее «облако». Абра-икат – именно под этим названием ткани известны на Западе. Позднее слово «абр» стало употребляться в обозначении стиля окрашивания нитей в традиционных тканях. Таким образом, ткани

стали называться абровыми, а их создатели-ткачи назывались абрбандами.

Классическая традиционная узбекская абровая ткань производится из коконов узбекского тутового шелкопряда. По виду сырья их делят на шелковые (канаус, атлас, хан-атлас), полушелковые (хлопок 50 % бекасам, бархат, адрас, якруя) и с добавлением золотого или серебряного люрекса. Есть и хлопчатобумажные абровые ткани, обладающие отличными декоративными качествами, но они встречаются реже.

Неслучайно слово «икат» происходит от индонезийского глагола «менгикат», что означает «связывать». Поэтому способ «абрбанди» заключается в резервации отдельных участков основы путем перевязки с последующим окрашиванием их в определенные цвета. Подобная техника, согласно узору и расцветке, создавала интересный художественный эффект, а орнамент при этом приобретал расплывчатые контуры и с чуть

намеченными неопределенными формами превращался в игру цветных пятен. Таким образом, когда ткань выткана, на ней появляются своеобразные, только ей свойственные узоры, состоящие из радужно переливающихся цветных разводов (хан-атлас) или чередующихся цветных полос (бекасам). Все выполняется исключительно вручную, поэтому на создание одного стандартного отреза может уйти целая неделя кропотливого труда.

Среди замечательных традиций, которыми богато искусство народов Центральной Азии, особое место занимает художественное оформление текстильных материалов. Например, в отличие от обычных тканей рисунок на абровых тканях сначала создают на основе, а затем ткнут и отделяют [1, с. 35–40].

Каждая школа шелкоткачества в Центральной Азии была знаменита своим орнаментальным искусством. Композиция абрового рисунка отличалась многообразием мотивов. В них сочетались геометрические, растительные и предметные мотивы, а также стилизованные изображения ювелирных украшений. Каждый узор называли по форме, которую он напоминал. Самыми известными являются: капалак (бабочка), илон изи (змеинный след), гаджак (узор в виде серьги), бодом (миндаль), тарокча (гребешок), чакрик (эхо), туморча (амулет), тарок (гребень), урок (серп), дарахт (дерево), анор (гранат), ой (луна), шох (рог), ногора (литавры), чаён (скорпион), «патнис – нусха» (поднос), «барги – карам» (листья капусты), тагалак (бараний рог).

Широко распространенный в орнаментике скотоводческих племен Средней Азии мотив бараньего рога (тагалак), по всей вероятности, оказал воздействие на элементы растительного узора в искусстве некоторых оседло-земледельческих народов. В результате один из видов побега приобрел

вместе с новым названием и соответствующие формы стилизации, в некоторых случаях действительно напоминающие схематичный бараний рог [2, с. 103].

В XIX веке сформировались основные центры по выработке узбекских традиционных тканей. В этот период в художественно-колористическом оформлении тканей придерживались определенной дифференциации по регионам. Например, оформление тканей Самарканда состояло из крупных геометрических, реже растительных узоров одного цвета, противопоставленных с цветом фона. Для бухарских тканей были характерны геометрические формы, простые и лаконичные узоры, яркость цвета и плотность фактуры. Их колорит основан на сопоставлении локальных цветов. Мастера этого региона зачастую пользовались сильными цветовыми контрастами. Более тонким и легким ферганским тканям был присущ мелкий, сложный растительный орнамент, решенный в сдержанных тонах.

Из абровых тканей особый интерес вызывает хан-атлас. Он отличается не только невероятной гладкостью, но и легкостью. Как настоящая скользящая шелк, хан-атлас обладает уникальной возможностью охлаждать в жару. При этом вся уникальность данной ткани заключается в её расцветке: колорит составлен из звучных и сочных цветов солнечного спектра, он всегда разный, уникальный и неповторимый. Хан-атлас – это концентрат всех цветов радуги. Его узоры представляют собой причудливые стрельчатые разводы радужной окраски. Удивительная цветовая гамма и эффектная живописность этих тканей объясняется не только этим, доведенные до предельного напряжения оптимально насыщенные цвета в них имеют как резкие, так и плавные, исключительно тонкие переходы (рис. 1).

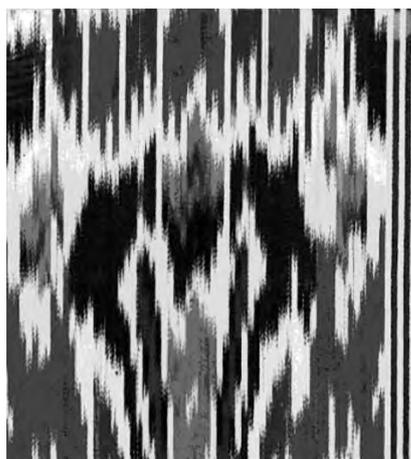


Рисунок 1 – Абровые ткани

Издавна родиной ткани хан-атласа, а также бекасама считаются узбекские города Маргилан и Наманган. В прошлом носить платья из хан-атласа имела право только высшая знать. Отсюда и название ткани – «хан-атлас». Особое место среди маргиланских хан-атласов занимают узоры с двумя

цветами, составляющие пышных изображений дерева или куста, а также мотивы «завитковых форм» («кучкор шохи» – рога барана). Крупные растительные мотивы на них в виде разросшихся кустов, букетов в вазах, а также неопределенные, интересные фантастические силуэты являются

вершиной творчества абрбандов Маргилана. Уникальными по технике исполнения и своеобразными по художественно-колористическому оформлению являются полосатые ткани – «алача». Они отличаются разнообразием привычных для восприятия населения цветосочетаний. Узор алачи так же, как и в других абровых тканях создавался цветными нитями основы. Эти узоры бывают двух видов: полушелковые (основа – шелк, уток – хлопок), переплетение репсовое, реже атласное, и сотканное из хлопковой пряжи лучшего качества. Для полушелковой алачи с узкими полосками употреблялся другой термин – «бекасам». В его основных нитях используются мелкие и крупные полоски разных расцветок. В полосках бекасама могут быть использованы различные переплетения. Чаще всего используются главные и производные переплетения. По выработанной ткани видно, что использование репсового переплетения несколько улучшает внешний вид «полосатого бекасама». Для него имеются определенные требования: по ширине ткани должен располагаться зебристый рисунок; в полосках ткани рисунок должен четко определяться друг от друга; полоски должны подбираться определенной ширины и расцветки.

В XIX веке полосатые ткани, созданные способом переплетения, продолжали широко распространяться среди населения Центральной Азии. Во второй половине этого столетия ткачество в Узбекистане стало самой развитой отраслью ремесла. Искусство сновальщиков в этот период достигло высшего совершенства, позволяя сравнительно простым способом формировать ткани с интересными полосатыми рисунками. Оперировав только цветом и масштабом полос, создавали текстильные полотна различного назначения. Традиционные художественные приемы оформления перерабатывались соответственно новым условиям.

Изменения колорита, композиции орнамента и его ритма в основном определялись эстетическими требованиями. На это влияли и другие моменты. Так технические усовершенствования, позволившие увеличить ширину ткани, сказались на композиции и пропорции узоров. Стали возможны многополосные орнаментальные композиции. Их появление связано с узким назначением абровых тканей, которые в народе считались исключительно женскими.

Агитационное искусство в конце 1920 – начале 1930-х годов в Стране Советов активно использовало узнаваемые изображения предметов «нового быта» с целью агитации идеалов нового времени. В орнаментальном искусстве это, прежде всего, выразилось в дизайне текстиля [3, с. 240]. В то время промышленная форма возродила к жизни особый, наиболее высокохудожественный тип тканей, получивших название «подарочных». Такие узоры абровых тканей, как «Кремль», «гули номозшом», «шахмат», вошли в золотой фонд орнаментального искусства узбекских тканей. Они были созданы до 1960 г., то есть до перехода ткацкого искусства в систему художественной промышленности [4].

Безусловно, в этом есть значительная заслуга потомственных мастеров этого древнего ремесла, которые в середине XX в. стали подвергаться преследованию со стороны властей. После прекращения работы кустарных мастерских все особенности традиционных тканей народов Центральной Азии начали забываться. Несмотря на это, многие из них пытались сохранить традиции этого прекрасного вида искусства и передать их молодому поколению. Такая ситуация продлилась не долго и уже к 70-м годам в Узбекистане вновь появилась возможность заниматься ручным ткачеством. В старых центрах, особенно в некоторых городах Ферганской долины, восстанавливается производство бекасамов, банорасов и других полосатых полушелковых тканей, которые сохраняют локальное своеобразие в колорите и ритме в композиции.

В начале 1990 годов в связи с возрождением традиционных обычаев и празднеств, усилением внимания к национальной характерности одежды, опять стали востребованными среди населения абровые ткани ручной работы. В это время Центральную Азию посетило немало экспертов из различных международных организаций, заинтересованных в развитии местного рынка. Среди них было немало специалистов высокого класса, искренно желающих помочь ремесленникам Узбекистана выйти на международный уровень. В частности, лучшим другом всех ткачей в Маргилане стала эксперт из Англии Фелиппа Воткинс, приехавшая в рамках грантовой программы Британского совета. Благодаря ее деликатной работе по изменению дизайна тканей и усилиям местных специалистов на созданной в то время фабрике «Едгорлик» в г. Маргилане возродился центр выпуска тканей ручного производства.

Уже в XXI веке традиционное художественное ткачество стало занимать одно из ведущих мест в современном национальном искусстве Узбекистана. Сегодня самое большое производство хан-атласа находится в Маргилане. Достаточно один раз побывать в этом городе, чтобы влюбиться в красивейшую ткань.

Хан-атлас можно приобрести не только в Маргилане, но и в других городах Узбекистана: Коканде, Бухаре, Самарканде, Хиве. Изготовлением этих прекрасных тканей, как и в прошлом, занимаются целые династии, имеющие глубокие корни на узбекской земле. Они и сегодня стремятся обогащать традиционные рисунки совершенно новой тематикой, согласно современным требованиям.

Более поздняя полосатая ткань – бекасам – продолжает занимать одно из ведущих мест в современном национальном ассортименте текстильных изделий Узбекистана. Они составляют определенные части производства. Из бекасама раньше шили наряды для невесты. Эта традиция сохраняется и в настоящее время.

Хан-атлас, как и бекасам, образован цветовыми полосами, не имеющими четких границ (рис. 2).

Если в технологическом процессе для получения на ткани абрового рисунка применяется абрбандный способ, то для получения рисунков в полоску может быть использован манерный вид сновки. В результате выбора из различных технологических процессов оптимального получена новая ткань «абровый бекасам», которая защищена патентом РУз. Автор д.т.н., профессор Ташкентского института текстильной и легкой промышленности П. С. Сиддиков [5, с. 161-169]



**Рисунок 2 – Рисунок ткани в полоску, полученный способом абровой технологии (патент РУз № САР 00739)**

В наши дни в повседневной жизни женщины Центральной Азии носят одежду европейского стиля. Но платье, сшитое из абровых или адрасовых тканей, – это то, к чему они все еще стремятся. Подобное платье представлено как «лучшая одежда для особой ситуации», оно идеально подойдет любому типу прекрасного пола, ткань плавно ложится на тело, обволакивает его, выделяя все достоинства и скрывая недостатки. Поэтому неслучайно за последние годы возрос спрос на производство абровых тканей, особенно типа «адрас». Производство вновь становится рентабельным, благодаря чему мы все чаще стали встречать девушек в платьях, сшитых из этих прекрасных тканей с различными расцветками.

Абровые ткани делятся на: повседневные и праздничные, в зависимости от художественно-колористического оформления. Все популярнее становятся узоры, составляющие изображения дерева или пышного куста и «бодом гул» или «қалампыр» (восточный огурец), а также своеобразные цветовые гаммы, переходящие от белого к желто-кремовому, пурпурному, салатному или серебристо-серому оттенкам. Плавно переходящие друг в друга своеобразные узоры и спокойная цветовая гамма этих тканей способствуют приданию в одежде неповторимого облика. Поэтому популярность в

народе абровых тканей толкнула современных художников текстильного рисунка к поискам новых технических приемов орнаментации абровыми орнаментами текстильных полотен массового потребления: хлопчатобумажных (сатин, ситец, бязь и т. п.) для повседневной одежды, шелковых (крепдешин, креп-жоржет и др.) для праздничной.

Итак, традиционные ткани народов Центральной Азии имеют не только историко-бытовое значение, но и большую художественную ценность. Сегодня, как и много веков назад, хан-атлас, поражающий буйством красок, своей неповторимостью и великолепием, является одним из самых узнаваемых брендов Узбекистана. Даже современные зарубежные модельеры обратили особое внимание на него. Интересно, что эту удивительную и поистине женственную ткань используют в своих коллекциях знаменитые на весь мир дизайнеры: Oscardela Renta, Gucci, John Galliano, Monsoon, Alex Mabille. Мы видим эти принты в коллекциях В. Зайцева, В. Юдашкина, Д. Ван Нотена. Следует напомнить, что первым дизайнером на российском подиуме, кто показал публике изделия из хан-атласа, является Елена Супрун. Известный казахстанский кутюрье Айдархан Калиев, главный дизайнер дома моды «Асыл-Дизайн», создатель торговой марки одежды «Аспара». Были замечены на зарубежном подиуме коллекция одежды с художественно-колористическим оформлением, повторяющим узор хан-атласа многих модельеров из разных стран. При создании своих нарядов используют эти текстильные полотна и модельные дома Америки: Mango, Zaga, Dolce&Cabana и т. д. [6, с. 118]. Тут надо учесть, что хан-атлас, который давно используют при создании своих нарядов эти модельные дома, соткан на автоматизированном станке. Поскольку технология изготовления пряжи занимает очень много времени и сил, большая часть производства в современном Узбекистане автоматизирована. Поэтому так называемая ткань хан-атлас из сундуков, сотканная вручную, в наше время редкость. Естественно, сотканный на автоматизированном станке хан-атлас, не коим образом не может конкурировать с хан-атласом, сотканным вручную.

Таким образом, эта ткань, которая в Центральной Азии очень любима, из которой традиционно шьют различные формы костюма для девочек и женщин, вернула себе былую славу. Хан-атлас снова украшает не только местных женщин, но и многих женщин ближнего и дальнего зарубежья. В последнее время на мировых подиумах нередко можно увидеть красавиц всего мира, и не только восточных, в одежде из этой красивейшей и нежнейшей ткани.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Menges, Gabriele *Modernity of Tradition: Uzbek Textile Culture Today* / Gabriele Mentges, Lola Shamukhitdinova. – Germany : Waxmann Verlag GmbH, 2013. – 192 p.
2. Пулатова, С. У. Национальные узоры, применяемые в золотошвейном производстве / С. У. Пулатова, М. И. Темирова, Н. Г. Закиряева // Сборник статей «Перспективы узбекской текстильной культуры: традиции и инновации». – Ташкент : ИПТД «O`ZBEKISTON», 2015.

3. Бесчастнов, Н. П. Художественный язык орнамента : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Дизайн» / Н. П. Бесчастнов. – М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2010 – 335 с.
4. Узбекские ткани: фото, особенности и преимущества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fb.ru/article/397233/uzbekskie-tkani-foto-osobennosti-i-preimuschestva>. – Дата доступа: 21.12.2020.
5. Сиддигов, П. С. Основы создания технологии и оптимизация процессов при изготовлении национальных авровых тканей : монография / П. С. Сиддигов. – Ташкент : «Fanva texnologiya», 2017.
6. Торебаев, Б. Орнамент и цвет в дизайне текстиля : монография / Б. Торебаев. – Германия : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.

#### REFERENCES

1. Menges, Gabriele Modernity of Tradition: Uzbek Textile Culture Today / Gabriele Menges, Lola Shamukhitdinova. – Germany : Waxmann Verlag GmbH, 2013. – 192 p.
2. Pulatova, S. U. National patterns used in gold embroidery production / S. U. Pulatova, M. I. Temirova, N. G. Zakiryaeva // Collection of articles "Perspectives of Uzbek textile culture: traditions and innovations". – Tashkent : IPTD "O`ZBEKISTON", 2015.
3. Beschastnov, N. P. The artistic language of ornament: a textbook for university students studying in the specialty "Design" / N. P. Beschastnov. – M. : Humanities. ed. center VLADOS, 2010 – 335 p.
4. Uzbek fabrics: photos, features and advantages [Electronic resource]. – Access mode: <https://fb.ru/article/397233/uzbekskie-tkani-foto-osobennosti-i-preimuschestva>. – Date of access: 21.12.2020.
5. Siddikov, P. S. Fundamentals of technology creation and optimization of processes in the manufacture of national aurov fabrics: monograph / P. S. Siddikov. – Tashkent : Fanva texnologiya, 2017.
6. Torebaev, B. Ornament and color in textile design : monograph / B. Torebaev. – Germany : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.

#### SPISOK LITERATURY

1. Menges, Gabriele Modernity of Tradition: Uzbek Textile Culture Today / Gabriele Menges, Lola Shamukhitdinova. – Germany : Waxmann Verlag GmbH, 2013. – 192 p.
2. Pulatova, S. U. Nacional'nye uzory, primenjaemye v zolotoshvejnom proizvodstve / S. U. Pulatova, M. I. Temirova, N. G. Zakirjaeva // Sbornik stat'ej «Perspektivy uzbekskoj tekstil'noj kul'tury: tradicii i innovacii». – Tashkent : IPTD «O`ZBEKISTON», 2015.
3. Beschastnov, N. P. Hudozhestvennyj jazyk ornamenta : uchebnoe posobie dlja studentov vuzov, obuchajushhihsja po special'nosti «Dizajn» / N. P. Beschastnov. – M. : Gumanitar. izd. centr VLADOS, 2010 – 335 s.
4. Узбекские ткани: фото, особенности и преимущества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fb.ru/article/397233/uzbekskie-tkani-foto-osobennosti-i-preimuschestva>. – Дата доступа: 21.12.2020.
5. Siddikov, P. S. Osnovy sozdanija tehnologii i optimizacija processov pri izgotovlenii nacional'nyh avrovnyh tkanej : monografija / P. S. Siddikov. – Tashkent : «Fanva texnologiya», 2017.
6. Torebaev, B. Ornament i cvet v dizajne tekstilja : monografija / B. Torebaev. – Germanija : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.

Статья поступила в редакцию 04.11.2019

## Налог на прибыль и нормируемые затраты

Т.В. Касаева<sup>а</sup>, О. В. Васёха<sup>б</sup>

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

E-mail: <sup>а</sup>kasaevatv@mail.ru, <sup>б</sup>vasiokha@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье производится оценка влияния изменений, внесенных в Налоговый кодекс Республики Беларусь с 1 января 2019 года, на сумму затрат организации, учитываемых при определении налоговой базы для расчета налога на прибыль. Предпринимается попытка разработки факторной модели, которая позволяет акцентировать внимание организации на основных показателях, формирующих величину налога на прибыль.

**Ключевые слова:** затраты, нормируемые затраты, прочие нормируемые затраты, налоговая база, налог на прибыль.

## Income Tax and Limited Costs

T. Kasayeva<sup>a</sup>, V. Vasiokha<sup>b</sup>

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

E-mail: <sup>a</sup>kasaevatv@mail.ru, <sup>b</sup>vasiokha@gmail.com

**Annotation.** This article evaluates the impact of changes made to the Tax Code of the Republic of Belarus from January 1, 2019 on the amount of the organization's costs that are taken into account when determining the tax base for the calculation of income tax. Authors proposed a factor model that allows focusing on the main indicators of income tax.

**Key words:** costs, limited costs, other limited costs, tax base, profits tax.

Затраты организации являются объектом постоянного пристального внимания как со стороны самого экономического субъекта, так и со стороны государства. Особое место в структуре затрат организации занимают нормируемые затраты, учитываемые при налогообложении, так как они участвуют в формировании налоговой базы, которая, в свою очередь, влияет на размер налога на прибыль. Основным документом, регламентирующим порядок включения тех или иных затрат в состав затрат, учитываемых при налогообложении, является Налоговый кодекс Республики Беларусь (далее – НК РБ) [1].

С 1 января 2019 года вступила в силу новая редакция НК РБ, которая внесла существенные изменения в налогообложение прибыли. Была введена новая статья «нормируемые затраты». В ней установлено, что при расчете налога на прибыль совокупный размер прочих нормируемых затрат не может превышать 1 % выручки от реализации товаров (работ, услуг), имущественных прав и сумм доходов от операций по сдаче в аренду, иное возмездное или безвозмездное пользование имуществом с учетом НДС (п. 3 ст. 171 НК РБ).

Это нововведение вызвало большое количество вопросов среди специалистов. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы оценки влияния произошедших изменений на налогообложение.

В данном исследовании предпринимается попытка количественной оценки указанных изменений на размер налога на прибыль коммерческой организации «Ромашка» (название изменено с целью сохранения конфиденциальности).

В организации «Ромашка» прочие нормируемые затраты были выделены в отдельный объект учета. Для упрощения в дальнейшем связанных с ними расчетов они калькулируются в таблице и используются в качестве справочной информации (табл. 1). Данные приведены за 2 квартал 2019 года.

В текущем периоде выручка организации составила 2976303,23 руб. (строка 1). Прочие нормируемые затраты составили 153889,84 руб. (строка 2). Предельная сумма затрат рассматриваемой организации для включения в декларацию представлена в строке 3 в размере 29763,03 руб. (строка 1 x 1%). То есть эта сумма будет вычитаться из налоговой базы, в то время как сумма нормируемых затрат, не включенных в декларацию (строка 4), равна 123926,81 руб. (строка 2 – строка 3).

Расчет налоговой базы и суммы налога на прибыль в текущем периоде (то есть с 1 января 2019 года) приводится в таблице 2, которая представляет собой фрагмент декларации по налогу на прибыль организации «Ромашка».

Таблица 1 – Прочие нормируемые затраты организации «Ромашка»

| № п/п     | Наименование показателя  | Сумма, руб.         |
|-----------|--|---------------------|
| <b>1.</b> | <b>Выручка, в том числе:</b>                                     | <b>2 976 303,23</b> |
| 1.1       | выручка от реализации товаров (работ, услуг), имущественных прав | 2 975 215,24        |
| 1.2       | выручка от реализации ОС, НА, вложений в долгосрочные активы     | –                   |
| 1.3       | доходы от операций по сдаче в аренду                             | 1 087,99            |
| 1.4       | доходы от реализации (погашения) ценных бумаг                    | –                   |
| <b>2</b>  | <b>Прочие нормируемые затраты, в том числе:</b>                  | <b>153 689,84</b>   |
| 2.1       | прочие затраты в себестоимости                                   | 90 748,08           |
| 2.2       | прочие затраты в расходах по текущей деятельности                | 62 941,76           |
| 2.3       | прочие расходы в расходах по финансовой деятельности             | –                   |
| <b>3</b>  | <b>Предельная сумма затрат для включения в декларацию</b>        | <b>29 763,03</b>    |
| <b>4</b>  | <b>Сумма нормируемых затрат, не включенных в декларацию</b>      | <b>123 926,81</b>   |

Источник: составлено автором.

Таблица 2 – Расчет налоговой базы и суммы налога на прибыль организации «Ромашка» согласно законодательству с 1 января 2019 года

| № п/п                                 | Наименование показателей   | Сумма, руб.         |
|---------------------------------------|--|---------------------|
| <b>Расчет налоговой базы</b>          |  |                     |
| <b>1</b>                              | Выручка (доходы) от реализации: выручка (доходы) от реализации произведенных товаров (работ, услуг): товаров, приобретенных для последующей реализации; имущественных прав, ценных бумаг | <b>2 976 303,23</b> |
| <b>2</b>                              | Затраты, учитываемые при налогообложении, в том числе:   | <b>2 583 816,11</b> |
| 2.1                                   | нормируемые затраты  | 62 594,40           |
| 2.2                                   | прочие нормируемые затраты   | 29 763,03           |
| <b>3</b>                              | Налоги и сборы   | <b>7 869,22</b>     |
| <b>4</b>                              | Сальдо внереализационных доходов и расходов (строка 4.1 – строка 4.2)  | <b>– 62 291,81</b>  |
| 4.1                                   | внереализационные доходы   | 1 114,62            |
| 4.2                                   | внереализационные расходы  | 63 406,43           |
| <b>5</b>                              | Валовая прибыль (строка 1 – строка 2 – строка 3 + строка 4)  | <b>322 326,09</b>   |
| <b>6</b>                              | Убыток (строка 1 – строка 2 – строка 3 + строка 4)   | –                   |
| <b>7</b>                              | Налоговая база (строка 5 + строка 6)   | <b>322 326,09</b>   |
| <b>Расчет суммы налога на прибыль</b> |  |                     |
| <b>8</b>                              | Налог на прибыль по валовой прибыли (строка 7 x ставка 18%), перенесенных убытков нет  | <b>57 018,69</b>    |

Источник: составлено автором.

Путем вычитания из выручки совокупной суммы затрат, учитываемых при налогообложении, и добавления к ней сальдо внереализационных доходов и расходов, мы получаем налоговую базу, равную 322326,09 руб.

Налог на прибыль определяем умножением налоговой базы на ставку налога на прибыль – 18 %. Он составил 57018,69 руб.

Для сравнения величины налога на прибыль, определяемого в соответствии с нормативно-правовыми актами, действовавшими до 1 января 2019 года и после указанной даты, проведен расчет

налоговой базы и налога на прибыль в условиях предыдущей редакции НК РФ.

Данные, необходимые для расчетов, представлены в таблице 3.

В старой редакции НК РФ для целей налогообложения командировочные расходы, расходы на ТЭР, суммы недостач, потерь и (или) порчи имущества, по которым имелись нормы естественной убыли, а также затраты по контролируемой задолженности нормировались так же, но в составе налогооблагаемых учитывались в полном размере [2].

**Таблица 3 – Исходные данные для расчета налоговой базы и суммы налога на прибыль организации «Ромашка»**

| № п/п    | Наименование показателя  | Сумма, руб.         |
|----------|--|---------------------|
| <b>1</b> | <b>Выручка:</b>  | <b>2 976 303,23</b> |
| <b>2</b> | <b>Затраты, учитываемые при налогообложении, в том числе:</b>                      | <b>2 677 979,89</b> |
| 2.1      | нормируемые затраты  | 62 594,40           |
| 2.2      | прочие нормируемые затраты   | 153 689,84          |
| <b>3</b> | <b>Сумма нормируемых затрат, включенных в декларацию (строка 2.1 + строка 2.2)</b> | <b>216 284,24</b>   |

Источник: составлено автором.

Из таблицы 3 мы видим, что размер прочих нормируемых затрат, учитываемых при налогообложении, до нововведения составил бы 216284,24 руб. (строка 2.1 + строка 2.2). Это в 7 раз

больше фактической суммы 2019 года. Используя полученные данные, рассчитаем сумму налога на прибыль (расчеты представлены в таблице 4).

**Таблица 4 – Расчет налоговой базы и суммы налога на прибыль организации «Ромашка» согласно законодательству до 1 января 2019 года**

| № п/п                                 | Наименование показателей   | Сумма, руб.         |
|---------------------------------------|--|---------------------|
| <b>Расчет налоговой базы</b>          |  |                     |
| <b>1</b>                              | Выручка (доходы) от реализации: выручка (доходы) от реализации произведенных товаров (работ, услуг): товаров, приобретенных для последующей реализации; имущественных прав, ценных бумаг | <b>2 976 303,23</b> |
| <b>2</b>                              | Затраты, учитываемые при налогообложении, в том числе:   | <b>2 677 979,89</b> |
| 2.1                                   | нормируемые затраты  | 62 594,40           |
| 2.2                                   | прочие нормируемые затраты   | 153 689,84          |
| <b>3</b>                              | Налоги и сборы   | <b>7 869,22</b>     |
| <b>4</b>                              | Сальдо внереализационных доходов и расходов (строка 4.1 – строка 4.2)  | <b>– 62 291,81</b>  |
| 4.1                                   | внереализационные доходы   | 1 114,62            |
| 4.2                                   | внереализационные расходы  | 63 406,43           |
| <b>5</b>                              | Валовая прибыль (строка 1 – строка 2 – строка 3 + строка 4)  | <b>228 162,31</b>   |
| <b>6</b>                              | Убыток (строка 1 – строка 2 – строка 3 + строка 4)   | –                   |
| <b>7</b>                              | Налоговая база (строка 5 + строка 6)   | <b>228 162,31</b>   |
| <b>Расчет суммы налога на прибыль</b> |  |                     |
| <b>8</b>                              | Налог на прибыль по валовой прибыли (строка 7 x ставка 18%), перенесенных убытков нет  | <b>41 069,22</b>    |

Источник: составлено автором.

В условиях предыдущей редакции НК РФ, то есть до 1 января 2019 года, налоговая база составила бы 228162,31 руб., что на 94163,78 руб. меньше фактической суммы 2019 года (для сравнения – 322326,09 руб.). Следовательно, налог на прибыль также составил бы значительно меньшую сумму – 41069,22 руб., что на 15949,47 руб. меньше фактической (для сравнения – 57018,69 руб.).

Такая существенная разница позволяет сделать вывод о том, что на практике изменение порядка расчета прочих нормируемых затрат для отдельных экономических субъектов приводит к увеличению налоговой базы, а значит и к увеличению размера налога на прибыль.

Однако нововведение можно рассматривать и с другой стороны. Все, что в рамках законодательства, –

это затраты. Ограничивается то, что установлено нанимателем добровольно сверх законодательных нормативов. То есть, с этой точки зрения, организации «добровольно» принимают на себя «обязательство» в виде прочих нормируемых затрат.

Особый интерес для исследования представляет количественная оценка влияния нормируемых затрат на размер налога на прибыль. Необходимость расчета затрат, учитываемых при налогообложении, возникает на этапе определения налоговой базы. Для анализа нормируемые затраты нельзя рассматривать как отдельно взятое явление. Поэтому, чтобы оценить их влияние, сначала необходимо произвести расчет налоговой базы, так как нормируемые затраты являются лишь одним из

компонентов, составляющих ее, а затем определить размер налога на прибыль.

Составим факторную модель, позволяющую акцентировать внимание на основных показателях, формирующих величину налога на прибыль:

$$N_{\text{приб}} = (D - Z_H - H + C_B) \times C_H, \quad (1)$$

где  $D$  – доходы (выручка) от реализации товаров (работ, услуг), руб.;  $Z_H$  – затраты, учитываемые при налогообложении, руб.;  $H$  – налоги и сборы, уплачиваемые из выручки, руб.;  $C_B$  – сальдо внереализационных доходов и расходов, руб.;  $C_H$  – ставка налога на прибыль, %.

Для оценки обособленного включения в налоговую базу таких факторов, как нормируемые затраты и прочие нормируемые затраты, факторная модель может быть преобразована следующим образом:

$$N_{\text{приб}} = (D - Z - HЗ - ПНЗ - H + C_B) \times C_H, \quad (2)$$

где  $D$  – доходы (выручка) от реализации товаров (работ, услуг), руб.;  $Z$  – затраты по производству и реализации товаров (работ, услуг), руб.;  $HЗ$  – нормируемые затраты, руб.;  $ПНЗ$  – прочие нормируемые затраты, руб.;  $H$  – налоги и сборы, уплачиваемые из выручки, руб.;  $C_B$  – сальдо внереализационных доходов и расходов, руб.;  $C_H$  – ставка налога на прибыль, %.

Проведем факторный анализ налога на прибыль с использованием предложенной модели. Для этого сопоставим данные декларации по налогу на прибыль коммерческой организации «Ромашка» за аналогичные периоды – 2 квартал 2018 года и 2 квартал 2019 года (табл. 5).

Таблица 5 – Исходные данные для факторного анализа налога на прибыль организации «Ромашка»

| № п/п | Наименование показателей                                    | Период       |              | Отклонение, руб. |
|-------|---|--------------|--------------|------------------|
|       |   | 2 кв. 2018   | 2 кв. 2019   |                  |
| 1     | Выручка (доходы) от реализации товаров (работ, услуг), руб. | 2 950 731,18 | 2 976 303,23 | 25 572,05        |
| 2     | Затраты по производству и реализации, руб.                  | 2 533 818,12 | 2 491 458,68 | – 42 359,44      |
| 3     | Нормируемые затраты, руб.                                   | 47 043,11    | 62 594,40    | 15 551,29        |
| 4     | Прочие нормируемые затраты, руб.                            | 113 689,84   | 29 763,03    | – 83 926,81      |
| 5     | Налоги и сборы, руб.  | 3 202,88     | 7 869,22     | 4 666,34         |
| 6     | Сальдо внереализационных доходов и расходов, руб.           | – 59 913,62  | – 62 291,81  | – 2 378,19       |
| 7     | Валовая прибыль, руб.                                       | 193 063,61   | 322 326,09   | 129 262,48       |
| 8     | Ставка налога на прибыль, %                                 | 18,00        | 18,00        | –                |
| 9     | Сумма налога на прибыль, руб.                               | 34 751,45    | 57 018,69    | 22 267,24        |

Источник: составлено автором.

Налог на прибыль, уплаченный коммерческой организацией в 2019 г., составил 57018,69 руб., а в 2018 г. – 34751,45 руб. Следовательно, сумма налога на прибыль возросла на 22267,24 руб.

Определим влияние факторов на увеличение налога на прибыль. Расчет влияния факторов на изменение суммы налога на прибыль произведем в

таблице 6 с использованием метода абсолютных разниц. При этом следует принять во внимание, что расчет влияния налогов, затрат, а также сальдо внереализационных доходов и расходов берется с противоположным знаком, так как при их увеличении сумма налога на прибыль снижается.

Таблица 6 – Расчет влияния факторов на изменение налога на прибыль организации «Ромашка»

| Факторы  | Расчет   | Влияние факторов |
|--|--|------------------|
| Изменение суммы валовой прибыли                        | $(322\,326,09 - 193\,063,61) \times 18 / 100$        | 22 267,24        |
| Изменение выручки от реализации товаров (работ, услуг) | $(2\,976\,303,23 - 2\,950\,731,18) \times 18 / 100$  | 4 602,97         |
| Изменение затрат по производству и реализации          | $-(2\,491\,458,68 - 2\,533\,818,12) \times 18 / 100$ | 7 624,69         |
| Изменение нормируемых затрат                           | $-(62\,594,40 - 47\,043,11) \times 18 / 100$         | – 2 799,23       |
| Изменение прочих нормируемых затрат                    | $-(29\,763,03 - 113\,689,84) \times 18 / 100$        | 15 106,83        |
| Изменение налогов и сборов                             | $-(7\,869,22 - 3\,202,88) \times 18 / 100$           | – 839,95         |
| Изменение сальдо внереализационных доходов и расходов  | $-(62\,291,81 - 59\,913,62) \times 18 / 100$         | – 1 428,08       |
| Изменение ставки налога                                | –  | –                |
| Итого  | $57\,018,69 - 34\,751,45$                            | 22 267,24        |

Источник: составлено автором.

Расчет изменения налога на прибыль показал, что сумма налога на прибыль во 2 квартале 2019 г. по сравнению со 2 кварталом 2018 г. возросла на 22267,24 руб. Так как ставка налога в течение анализируемого периода не изменялась, следовательно, сумма налога увеличилась только за счет налоговой базы.

При формировании налоговой базы наибольшее влияние на изменение налога на прибыль оказало уменьшение размера прочих нормируемых затрат на 83926,81 руб., что привело к увеличению налога на 15106,83 руб. Во многом такое значительное изменение объясняется изменениями в НК РБ 2019 года. Кроме того, налог на прибыль увеличился на 7624,69 руб. за счет уменьшения затрат по производству и реализации на 42359,44 руб., и на

4602,97 руб. за счет увеличения выручки от реализации товаров (работ, услуг) на 25572,05 руб.

Уменьшение налоговой базы в отчетном периоде на 2799,23 руб. обусловлено снижением нормируемых затрат на 15551,29 руб. Увеличение налогов и сборов на 4666,24 руб. также привело к уменьшению налога на прибыль на 839,95 руб. Уменьшение сальдо внереализационных доходов и расходов на 2378,19 руб. снизило налог на прибыль на 1428,08 руб.

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что размер налога на прибыль в значительной степени зависит от величины прочих нормируемых затрат, учитываемых при расчете налоговой базы (рис. 1).

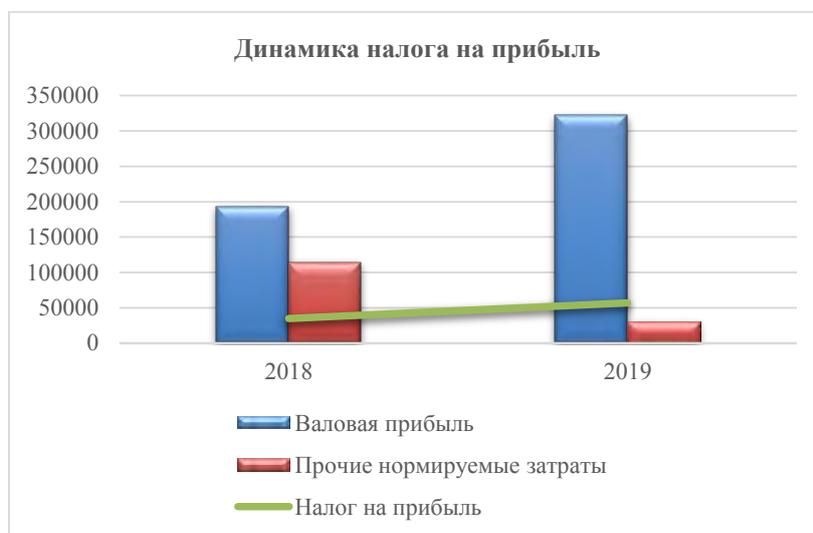


Рисунок 1 – Динамика налога на прибыль

Изменения В НК РБ 2019 года законодателем были представлены в качестве меры по снижению налоговой нагрузки для организаций.

Однако данные проведенного исследования показали, что увеличение налога на прибыль в 2019

году в основном связано с изменением порядка расчета прочих нормируемых затрат. Это позволяет сделать вывод о том, что на практике указанное нововведение негативно сказывается на финансовых результатах деятельности коммерческих организаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Налоговый кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] : 19 декабря 2002 г., № 166-3 : Принят Палатой представителей 15 ноября 2002 г. : одобр. Советом Республики 2 декабря 2002 г. // Эталон. – Режим доступа: [http://etalonline.by/document/?regnum=hk0200166&q\\_id=1028740](http://etalonline.by/document/?regnum=hk0200166&q_id=1028740). – Дата доступа: 21.12.2020.

2. Письмо Министерства по налогам и сборам Республики Беларусь от 22.02.2019 № 2–2–10/00460 «О нормируемых затратах» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.nalog.gov.by/ru/razjasnenija\\_ru/view/r-pismo-ministerstva-po-nalogam-i-sboram-respubliki-belarus-2-2-10-00460-ot-22022019-o-normiruemyx-zatratax-32395/](http://www.nalog.gov.by/ru/razjasnenija_ru/view/r-pismo-ministerstva-po-nalogam-i-sboram-respubliki-belarus-2-2-10-00460-ot-22022019-o-normiruemyx-zatratax-32395/). – Дата доступа: 21.12.2020.

REFERENCES

1. Tax Code of the Republic of Belarus [Electronic resource] : December 19, 2002, No. 166-3: Adopted by the House of Representatives on November 15, 2002: approved. Council of the Republic on December 2, 2002 // Etalon. – Access mode: [http://etalonline.by/document/?regnum=hk0200166&q\\_id=1028740](http://etalonline.by/document/?regnum=hk0200166&q_id=1028740). – Date of access: 21.12.2020.

2. Letter of the Ministry of Taxes and Duties of the Republic of Belarus dated 02.22.2019 No. 2–2–10 / 00460 "On standardized costs" [Electronic resource]. – Access mode: [http://www.nalog.gov.by/ru/razjasnenija\\_ru/view/r-pismo-ministerstva-po-nalogam-i-sboram-respubliki-belarus-2-2-10-00460-ot-22022019-o-normiruemyx-zatratax-32395/](http://www.nalog.gov.by/ru/razjasnenija_ru/view/r-pismo-ministerstva-po-nalogam-i-sboram-respubliki-belarus-2-2-10-00460-ot-22022019-o-normiruemyx-zatratax-32395/).

---

pismo-ministerstva-po-nalogam-i-sboram-respubliki-belarus-2-2-10-00460-ot-22022019-o-normiruemyx-zatrataxr-32395/. – Date of access: 21.12.2020.

#### SPISOK LITERATURY

1. Nalogovyj kodeks Respubliki Belarus' [Jelektronnyj resurs] : 19 dekabnja 2002 g., № 166-3 : Prinjat Palatoj predstavitelej 15 nojabrja 2002 g. : odobr. Sovetom Respubliki 2 dekabnja 2002 g. // Jetalon. – Rezhim dostupa: [http://etalonline.by/document/?regnum=hk0200166&q\\_id=1028740](http://etalonline.by/document/?regnum=hk0200166&q_id=1028740). – Data dostupa: 21.12.2020.

2. Pis'mo Ministerstva po nalogam i sboram Respubliki Belarus' ot 22.02.2019 № 2–2–10/00460 «O normiruemyh zatratah» [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://www.nalog.gov.by/ru/razjasnenija\\_ru/view/r-pismo-ministerstva-po-nalogam-i-sboram-respubliki-belarus-2-2-10-00460-ot-22022019-o-normiruemyx-zatrataxr-32395/](http://www.nalog.gov.by/ru/razjasnenija_ru/view/r-pismo-ministerstva-po-nalogam-i-sboram-respubliki-belarus-2-2-10-00460-ot-22022019-o-normiruemyx-zatrataxr-32395/). – Data dostupa: 21.12.2020.

Статья поступила в редакцию 28.05.2020

## Направления использования искусственного интеллекта в организации производства на предприятиях легкой промышленности

И.Н. Калиновская<sup>а</sup>, А.О. Завьялова<sup>б</sup>

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

E-mail: <sup>а</sup>[i-kalinovskaya@yandex.by](mailto:i-kalinovskaya@yandex.by), <sup>б</sup>[alinazavialova@gmail.com](mailto:alinazavialova@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассмотрены возможности применения технологий искусственного интеллекта на предприятиях легкой промышленности. Авторами предложены пути применения технологий машинного зрения на разбраковочном участке и операциях шивки, разрезки, обшивки и ручной выстрижки в ОАО «Витебские ковры» с целью внедрения новых методов нормирования труда, оптимизации рабочих приёмов и действий, сокращения потерь времени в результате нарушения работниками трудовой дисциплины, снижения процента брака и увеличения выработки.

**Ключевые слова:** организация производства, нормирование труда, искусственный интеллект, машинное зрение, интеллектуальное хронометрирование.

## Directions for Using Artificial Intelligence in Production Organization at Light Industry Enterprises

I. Kalinouskaya<sup>a</sup>, A. Zauyalava<sup>b</sup>

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

E-mail: <sup>a</sup>[i-kalinovskaya@yandex.by](mailto:i-kalinovskaya@yandex.by), <sup>b</sup>[alinazavialova@gmail.com](mailto:alinazavialova@gmail.com)

**Annotation.** The article considers possibilities of application of artificial intelligence technologies at the enterprises of light industry. The authors offer the ways of application of machine vision technologies at the disassembly area and operations of sewing, cutting, sheathing and manual cutting at Vitebsk Carpets factory for the purpose of introduction of new methods of labour rationing, optimization of working methods and actions, reduction of time losses as a result of violation of labour discipline by workers, reduction of reject rate and increase in output.

**Key words:** production organization, labor standardization, artificial intelligence, machine vision, intelligent timekeeping.

### ВВЕДЕНИЕ

Главной тенденцией в развитии промышленного производства в последнее десятилетие являлось применение систем комплексной автоматизации. При этом предприятиями использовались решения, позволяющие контролировать весь производственный цикл и интегрировать в него вычислительные системы, что обеспечивало гибкость технологических процессов и возможность оперативной смены типов выпускаемой продукции. Данные решения требовали внедрения мощных средств вычислительной техники и переоснащения производства, что влекло серьезные капитальные вложения.

Однако развитие технологий искусственного интеллекта позволило устранить данные серьезные недостатки и обеспечить возможность создания систем автоматизации принципиально нового уровня, позволяющих анализировать обстановку в реальном времени и сохранять работоспособность при смене

целей управления, непредвиденных изменениях свойств управляемого объекта или параметров окружающей среды. Система, основанная на принципах искусственного интеллекта, способна мгновенно менять алгоритм управления и искать оптимальные и эффективные решения.

На сегодняшний день искусственный интеллект может применяться во всех бизнес-вертикалях и на всех уровнях [1, 2]:

- 1) на уровне проектирования – для повышения эффективности разработки новых продуктов, автоматизации выбора и оценки поставщиков, при анализе требований к запчастям и деталям;
- 2) на уровне производства – для совершенствования бизнес-процессов и координации различных производственных систем;
- 3) на уровне логистики – для улучшения планирования маршрутов транспортировки, уменьшения сроков доставки сырья и обеспечения их

прогнозируемости, а также отслеживания отправок и процесса доставки на всех этапах;

4) на уровне продвижения – для прогнозирования объемов услуг поддержки и обслуживания, управления ценообразованием и анализа удовлетворенности клиентов качеством продукции.

Технологии искусственного интеллекта уже применяются в различных отраслях народного хозяйства: в медицине на основе обработки большого объема данных они позволяют ставить пациенту своевременный диагноз с высокой точностью, в промышленности – полностью автоматизировать вредные и опасные производства, в различных областях сельского хозяйства – обнаружить болезни растений, классифицировать и идентифицировать сорняки, управлять водными ресурсами и почвой, прогнозировать климат. Все большее значение данные технологии приобретают и в легкой промышленности.

### **НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В настоящее время предприятия легкой промышленности сталкиваются с постоянно растущей глобальной конкуренцией и непредсказуемыми колебаниями спроса. Однако, благодаря применению технологий искусственного интеллекта, возможно повышение их эффективности за счет извлечения значительной коммерческой выгоды из данных прошлых лет и оперативных данных в режиме реального времени. Несмотря на то, что внедрение искусственного интеллекта на предприятиях легкой промышленности находится на ранней стадии, на сегодняшний день можно выделить основные направления его использования:

1) выявление дефектов пряжи и тканей.

Система, основанная на технологии машинного зрения, устанавливается на прядильном и ткацком оборудовании с целью мгновенного обнаружения дефектов в процессе производства. Гонконгским политехническим университетом разработана интеллектуальная система обнаружения дефектов тканей WiseEye, использующая технологию глубокого обучения при контроле качества готовой продукции [3, 8];

2) разработка цветовой гаммы готового изделия.

Технологии искусственного интеллекта применяются при прогнозировании итогового тона изделия, получаемого в ходе смешивания волокон различных цветов. В случае однородной смеси при прогнозировании цвета используются эмпирические модели. Также искусственный интеллект может быть использован для согласования цвета тканей и сортировки оттенков. Его можно использовать для получения истинного цвета, прогнозируя концентрацию красителей в зависимости от их спектрофотометрического поглощения [1, 7];

3) дизайн и производство модной одежды.

Учитывая постоянные изменения в моде, производителям одежды необходимо идти в ногу с самыми актуальными тенденциями и прогнозировать потребительские предпочтения на следующий сезон. Традиционно производители основывают свои прогнозы продаж текущего года на ретроспективных данных предыдущих периодов. Но такие прогнозы имеют высокую погрешность из-за влияния большого количества труднопредсказуемых факторов, например, изменение модных тенденций. Подходы к прогнозированию спроса на основе искусственного интеллекта позволяют значительно снизить погрешность в прогнозировании. Например, компания MakerSights использует аналитику данных, которая сочетает в себе такие факторы, как поисковые запросы, активность в социальных сетях, продажи в интернете и обратную связь с потребителями, чтобы определить, что станет наиболее вероятным модным трендом [3]. Google в партнерстве с фирмой Zalando разработал систему Project Muze, понимающую цвета, текстуры, фасоны и другие параметры товара. Принцип работы данной системы: от онлайн-ритейлера Zalando нейросеть получает данные о фасонах, которые чаще всего выбирают клиенты, после этого искусственный интеллект Project Muze проектирует одежду на основе интересов пользователей и данных, указанных Google. Слоган Muze: «Мода, вдохновленная вами и спроектированная кодом» [4]. Американский бренд Tommy Hilfiger совместно с IBM и Институтом моды в 2018 году запустили проект Reimagine Retail, задачей которого являлось предсказание тенденций моды на ближайшие несколько лет;

4) изучение рынка и запросов потребителей.

Среди основных направлений применения искусственного интеллекта в маркетинговой деятельности предприятия выделяют анализ тенденций развития рынка, веб-дизайн, контекстную рекламу, оценку эффективности проведенных рекламных кампаний, получение сведений рекламодателями для предоставления новостей или рекламной информации [5, 9]. Например, компания Edited, занимающаяся технологиями розничной торговли, производит программное обеспечение для анализа данных в режиме реального времени о рынках товаров народного потребления;

5) планово-предупредительный ремонт оборудования.

С помощью датчиков, установленных на машинах, линиях, станках, установках и механизмах, и аналитической системы, использование интеллектуального обслуживания позволяет продлить ресурс эксплуатации оборудования путем профилактического устранения потенциальных поломок на протяжении всего его жизненного цикла, и, таким образом, сократить простои, связанные с ремонтом;

6) роботизация.

Роботы, оснащенные искусственным интеллектом, интерпретируют модели САПР, устраняя

необходимость программирования производственных процессов;

7) промышленная безопасность работников.

Технология видеоаналитики, включающая систему видеонаблюдения и интеллектуальную среду по отслеживанию случаев нарушения правил техники безопасности работниками предприятия, снижает уровень производственного травматизма, сокращает затраты на его профилактику и уменьшает временные и материальные издержки при расследовании случаев нарушения правил техники безопасности.

Полная автоматизация предприятий легкой промышленности, с точки зрения мирового опыта, экономически нецелесообразна. На данный момент применение автоматизированных систем на таком производстве обходится дороже, чем использование

рабочих, поскольку крупнейшие предприятия легкой промышленности находятся в странах третьего мира с низкой стоимостью человеческого труда.

С целью определения степени проникновения искусственного интеллекта в мировую промышленность используется индекс роботизированности (количество промышленных роботов всех типов на 10000 работников промышленности), который согласно исследованиям ежегодно растет на 13 % [6]. На рисунке 1 представлены данные индекса роботизированности промышленности в ведущих странах мира.

Таким образом, согласно линейному прогнозированию индекса роботизированности промышленности к 2025 году данный показатель увеличится в 2,7 раза.

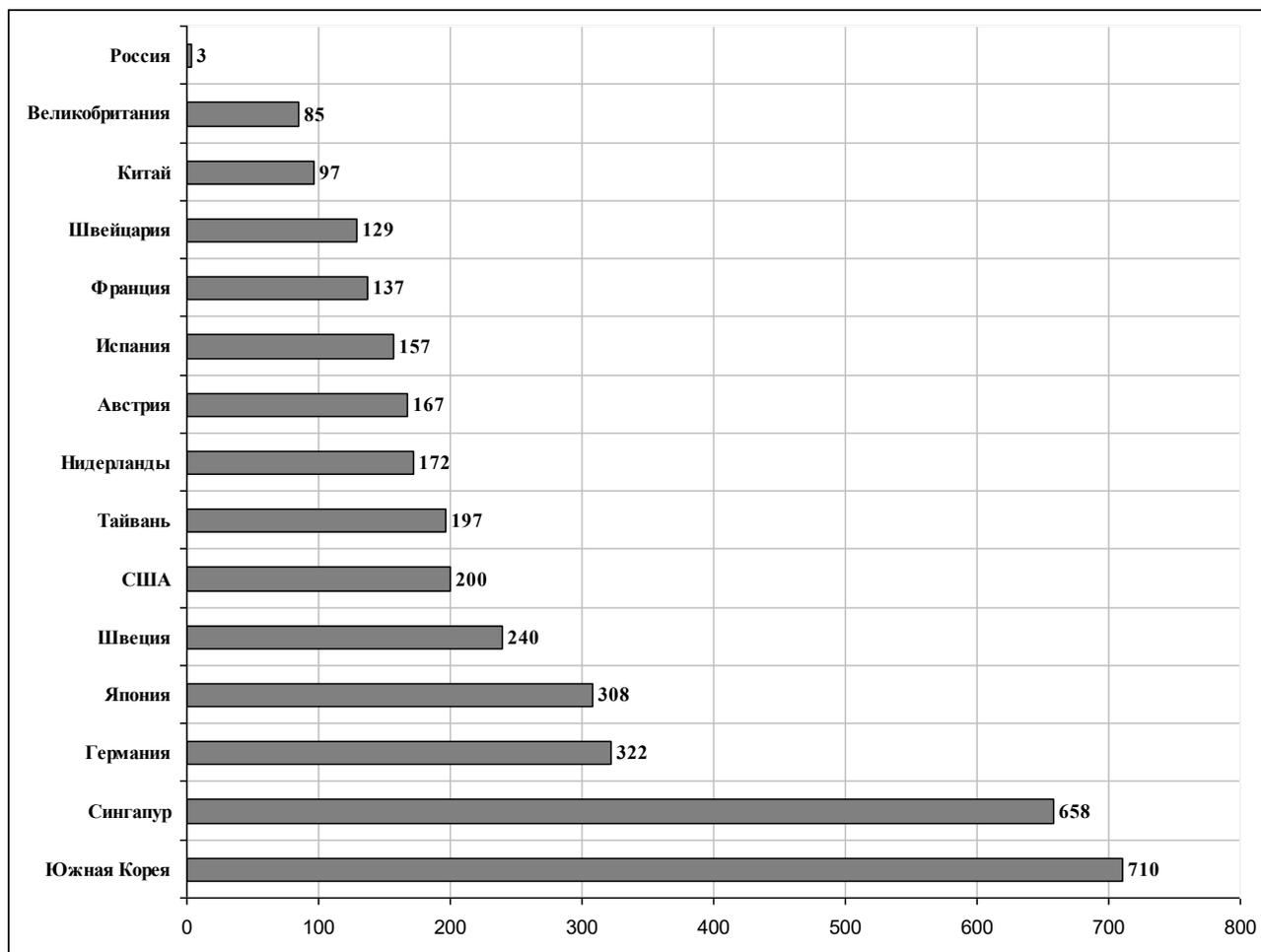


Рисунок 1 – Индекс роботизированности промышленности в ведущих странах мира

Источник: [6].

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ПУТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА БЕЛОРУССКИМИ  
ПРЕДПРИЯТИЯМИ ЛЕГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Рассмотрим возможности использования технологий искусственного интеллекта предприятиями легкой промышленности на примере

технологического процесса производства двухполотных жаккардовых ковровых покрытий и изделий ОАО «Витебские ковры». Авторами предлагается внедрение технологии машинного зрения на разбраковочном участке и операциях сшивки, разрезки, обшивки и ручной выстрижки.

В настоящее время на предприятии для обнаружения дефектов на участке разбраковки

полагаются только на зрение работников, однако из-за человеческих факторов (халатность, физическая усталость) такое обнаружение дефектов является ненадежным, так как велика вероятность выпуска брака (до 20 %). Для снижения данного показателя целесообразно использовать машинное зрение, преимуществами которого являются:

- не устает, работает четко в соответствии с заданными настройками 24/7 с одинаковой эффективностью;
- способно различать дефекты, невидимые человеком: очень мелкие детали, слабоконтрастные контуры, незначительные плоскостные искажения на большой площади;
- обрабатывает тысячи изображений в минуту;
- снижает вероятность выпуска брака до 0,01 %.

Системы машинного зрения позволяют проводить бесконтактное сопоставление формы и внешнего вида изделий с эталонным образцом для выявления отклонений от заданных характеристик продукции.

Для получения изображения над браковочным столом устанавливается камера машинного зрения

(CAM-CIC-5MR/5000R), данные с которой передаются на компьютер и обрабатываются с помощью специализированного программного обеспечения Adaptive vision. Используя технологию Deep Learning, программное обеспечение способно обучаться на основе «хороших» и «плохих» примеров, а далее, получая изображение, сигнализировать о наличии брака.

Системы машинного зрения обеспечивают не только обнаружение дефектов, но и оценку их размеров, классификацию по типам дефектов, ведение статистики, а также сохранение и выдачу результатов работы за заданный период с возможностью распечатки отчетов.

Расчет затрат на внедрение машинного зрения в деятельность ОАО «Витебские ковры» представлен в таблице 1.

Результаты расчета текущих затрат по всем статьям эксплуатационных расходов приведены в таблице 2.

**Таблица 1 – Затраты на внедрение машинного зрения в ОАО «Витебские ковры»**

| Наименование статьи расходов                               | Сумма, руб. |
|--|-------------|
| Камера машинного зрения CAM-CIC-5MR/5000R с комплектующими | 4000        |
| ПК для обработки и хранения информации                     | 1900        |
| Программный продукт Adaptive vision                        | 1560        |
| Установка системы  | 400         |
| Обучение персонала   | 150         |
| Итого  | 8010        |

Источник: составлено авторами.

**Таблица 2 – Текущие затраты на реализацию предложенных мероприятий**

| Статьи затрат  | Затраты, руб. |
|--|---------------|
| Амортизационные отчисления   | 590           |
| Затраты на потребляемую электроэнергию (текущие)   | 96,81         |
| Затраты на обслуживание оборудования (обновление бесплатно, обслуживает систему системный администратор предприятия) | 0             |
| Итого  | 686,81        |

Источник: составлено авторами.

Экономический эффект от внедрения технологии будет получен в результате снижения брака на 19,99 %, что увеличит прибыль предприятия не менее чем на 3 %.

Рассчитаем чистый дисконтированный доход от внедрения проекта (годовая ставка дисконтирования принята на уровне 8,75 %):

$$L_0 = 1 / (1 + 0,0875)^0 = 1,000 - \text{год реализации проекта};$$

$$L_1 = 1 / (1 + 0,0875)^1 = 0,9195 - 1 \text{ год};$$

$$L_2 = 1 / (1 + 0,0875)^2 = 0,8456 - 2 \text{ год};$$

$$L_3 = 1 / (1 + 0,0875)^3 = 0,7775 - 3 \text{ год};$$

$$L_4 = 1 / (1 + 0,0875)^4 = 0,7149 - 4 \text{ год}.$$

Расчет эффективности реализации мероприятия приведен в таблице 3.

Таким образом, реализация проекта внедрения машинного зрения на участке контроля качества с целью повышения эффективности деятельности предприятия целесообразна. Срок окупаемости проекта составит 0,41 года.

Технология машинного зрения применима для отслеживания точности и правильности выполнения ручных и машинно-ручных операций на участках сшивки, разрезки, обшивки и ручной выстрижки. С помощью данной технологии можно распознавать вид операции, осуществляемой работником, определять время, затрачиваемое на выполнение операции, отслеживать нерациональные или лишние трудовые приёмы, а также определять местоположение работников и их перемещение по производственной площади.

**Таблица 3 – Расчет эффективности реализации мероприятия по внедрению машинного зрения на разбраковочном участке**

В тыс. руб.

| Показатель                               | Реализация проекта по годам |         |         |         |         |
|--|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
|  | 0                           | 1       | 2       | 3       | 4       |
| Сумма капитальных вложений               | 8,01                        | -       | -       | -       | -       |
| Ежегодные затраты                        | -                           | 0,68681 | 0,68681 | 0,68681 | 0,68681 |
| Дополнительный приток чистой прибыли     | -                           | 30,31   | 30,31   | 30,31   | 30,31   |
| Динамическое сальдо                      | -8,01                       | 29,65   | 29,65   | 29,65   | 29,65   |
| Коэффициент дисконтирования              | 1                           | 0,9195  | 0,8456  | 0,7775  | 0,7149  |
| Чистый дисконтированный финансовый поток | 8,01                        | 27,26   | 25,07   | 23,05   | 21,20   |
| Экономический эффект нарастающим итогом  | 8,01                        | 19,28   | 44,35   | 67,4    | 88,6    |

Источник: составлено авторами.

С целью реализации данного мероприятия необходимо установить 4 камеры Geovision GV-EFER3700, формирующие изображения производственной площади (панорамно), отдельных рабочих мест (укрупненно) и других зон. Интеллектуальная сеть на базе искусственного интеллекта, обученная на мелкую моторику рук исполнителя операции, распознаёт человека по лицу и жестам. Информация с камер поступает на компьютер, где происходит обработка с помощью программного обеспечения. Оператор-контролер загружает карту производственной площади, выделяя ее границу, интересующие рабочие места, зоны особого интереса. Карта выступает также

2D-подложкой, на которой визуализируется местоположение рабочих и их персональные ID в системе. Оператор-контролер формирует отчеты о хронометражах с перемещениями конкретного рабочего между заданными зонами. Хронометраж выполняемых операций автоматически протоколируется системой и выдается в виде отчета по запросу оператора.

Расчет затрат на внедрение системы интеллектуального хронометрирования действий рабочих представлен в таблице 4.

Результаты расчета текущих затрат по всем статьям эксплуатационных расходов приведены в таблице 5.

**Таблица 4 – Затраты на внедрение системы интеллектуального хронометрирования действий рабочих в работу ОАО «Витебские ковры»**

| Наименование статьи расходов                  | Сумма, руб. |
|---|-------------|
| Камеры Geovision GV-EFER3700 с комплектующими | 3400        |
| Программный продукт                           | 1560        |
| Установка и настройка системы                 | 340         |
| Обучение персонала                            | 150         |
| Итого   | 5450        |

Источник: составлено авторами.

**Таблица 5 – Текущие затраты на реализацию предложенных мероприятий**

| Статьи затрат  | Затраты, руб. |
|--|---------------|
| Амортизационные отчисления   | 340           |
| Затраты на потребляемую электроэнергию (текущие)   | 77,45         |
| Затраты на обслуживание оборудования (обновление бесплатно, обслуживает систему системный администратор предприятия) | 0             |
| Итого  | 417,45        |

Источник: составлено авторами.

В результате постоянного интеллектуального хронометрирования действий работников за счет оптимизации рабочих приёмов и действий их выработка увеличится не менее чем на 1 %. Так как за работниками будет осуществляться сплошное видеонаблюдение – сократятся потери времени в результате нарушения трудовой дисциплины (по

данным предприятия они составляют 3 % от рабочего времени). Также в результате наблюдений будет сформирована база оптимальных трудовых приёмов, что позволит в дальнейшем скорректировать нормы времени на их выполнение.

Расчет эффективности предлагаемого мероприятия приведен в таблице 6.

**Таблица 6 – Расчет эффективности реализации мероприятия по внедрению системы интеллектуального хронометрирования действий рабочих**

В тыс. руб.

| Показатели                               | Реализация проекта по годам |         |         |         |         |
|--|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
|  | 0                           | 1       | 2       | 3       | 4       |
| Сумма капитальных вложений               | 5,45                        | -       | -       | -       | -       |
| Ежегодные затраты                        | -                           | 0,41745 | 0,41745 | 0,41745 | 0,41745 |
| Дополнительный приток чистой прибыли     | -                           | 175,45  | 175,45  | 175,45  | 175,45  |
| Динамическое сальдо                      | -5,45                       | 175,03  | 175,03  | 175,03  | 175,03  |
| Коэффициент дисконтирования              | 1                           | 0,9195  | 0,8456  | 0,7775  | 0,7149  |
| Чистый дисконтированный финансовый поток | -5,45                       | 160,94  | 148,01  | 136,09  | 125,13  |
| Экономический эффект нарастающим итогом  | -5,45                       | 155,49  | 303,5   | 439,59  | 564,72  |

Источник: составлено авторами.

Таким образом, реализация проекта внедрения машинного зрения на участке контроля качества с целью повышения эффективности деятельности предприятия целесообразна. Срок окупаемости проекта составит 0,035 года.

В результате реализации предложенных мероприятий общий экономический эффект составит 205,76 тыс. руб.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время искусственный интеллект используется во многих производственных областях на всех бизнес-вертикалях и уровнях. Однако в текстильном производстве его применение пока не получило широкого признания. Тем не менее конкуренция и желание снизить издержки производства являются основными причинами внедрения искусственного интеллекта на предприятиях лёгкой промышленности.

Основные направления применения искусственного интеллекта предприятиями лёгкой промышленности используют аналитику больших данных. Таким образом, искусственный интеллект вносит ценный вклад в революцию легкой промышленности, включающий интегрирование цифровых процессов в производство, повышение качества, снижение стоимости, обработку информации, ведение статистического контроля производственных процессов и, как результат, получение компьютерно-интегрированного производства.

На примере технологического процесса производства двухполотных жаккардовых ковровых покрытий и изделий предприятия ОАО «Витебские ковры» авторами предложены направления применения искусственного интеллекта на базе машинного зрения. При реализации предложенных мероприятий капитальные затраты составят 8010 руб., а общий экономический эффект – 205,76 тыс. руб.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуальное хронометрирование рабочего времени [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mallenom.ru/resheniya/mashinnoe-zrenie/po-zadacham/chronometraj-rabochego-vremeni>. – Дата доступа: 05.03.2020.
2. Контроль рабочего времени и бизнес-процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.staffcop.ru/efficiency>. – Дата доступа: 05.03.2020.
3. Мониторинг рабочего времени сотрудников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rugloria1.com/monitoring-rabochego-vremeni-sotrudnikov/>. – Дата доступа: 05.03.2020.
4. Искусственный интеллект в моде: эра алгоритмов началась [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://365-invest.com/iskusstvennyiy-intellekt-v-mode-era-algoritmov-nachalas>. – Дата доступа: 15.03.19.
5. Калиновская, И. Н. Использование искусственного интеллекта в маркетинговых исследованиях поведения потребителей / И. Н. Калиновская, Н. В. Дунец, М. С. Масейко // Молодой ученый. – 2018. – № 33 (219). – С. 42–45.
6. Даречкин, В. М. Внедрение искусственного интеллекта в производственный цикл предприятий лёгкой промышленности и его социально-экономические последствия [Электронный ресурс] / В. М. Даречкин // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2019. – №4. – Режим доступа: <http://uecs.ru/marketing/item/5494-2019-04-19-12-03-45?pop=1&tmpl=component&print=1/>. – Дата доступа: 16.03.2020.
7. Доэрти, П. Человек + машина. Новые принципы работы в эпоху искусственного интеллекта / П. Доэрти, Дж. Уилсон. – Москва : Издательство «МИФ», 2019. – С. 304.
8. Big data в промышленности: инновации, к которым придется привыкать [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ogcs.com.ua/big-data-v-promyshlennosti-innovatsii-k-kotorym-pridetsya-privykat/>. – Дата доступа: 16.03.2020.

9. ITC's researchers develop AI-powered system to automate quality control process in textile industry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.polyu.edu.hk/itc/en/news/staff-achievements/?itceventid=306>. – Дата доступа: 10.03.2020.

#### REFERENCES

1. Intellectual timing of working time [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.mallenom.ru/resheniya/mashinnoe-zrenie/po-zadacham/chronometraj-rabocheho-vremeni>. – Date of access: 03.05.2020.
2. Control of working time and business processes [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.staffcop.ru/efficiency>. – Date of access: 03.05.2020.
3. Monitoring the working time of employees [Electronic resource]. – Access mode: <https://rugloria1.com/monitoring-rabocheho-vremeni-sotrudnikov/>. – Date of access: 03–05–2020.
4. Artificial intelligence in fashion: the era of algorithms has begun [Electronic resource]. – Access mode: <http://365-invest.com/iskusstvennyy-intellekt-v-mode-era-algoritmov-nachalas>. – Access date: 03.15.19.
5. Kalinovskaya, I. N. The use of artificial intelligence in marketing research of consumer behavior / I. N. Kalinovskaya, N. V. Dunets, M. S. Maseyko // Young scientist. – 2018. – №. 33 . – P. 42–45.
6. Darechkin, V. M. Implementation of artificial intelligence in the production cycle of light industry enterprises and its socio-economic consequences [Electronic resource] / V. M. Darechkin // Management of economic systems: electronic scientific journal. – 2019. – No. 4. – Access mode: <http://uecs.ru/marketing/item/5494-2019-04-19-12-03-45?pop=1&tmpl=component&print=1/>. – Date of access: 03.16.2020.
7. Doherty, P. Man + machine. New principles of work in the era of artificial intelligence / P. Doherty, J. Wilson. – Moscow : Publishing house "MYTH", 2019. – P. 304.
8. Big data in industry: innovations that will have to get used to [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ogcs.com.ua/big-data-v-promyshlennosti-innovatsii-k-kotorym-pridetsya-privykat/>. – Date of access: 03.16.2020.
9. ITC's researchers develop AI-powered system to automate quality control process in textile industry [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.polyu.edu.hk/itc/en/news/staff-achievements/?itceventid=306>. – Date of access: 10.03.2020.

#### SPISOK LITERATURY

1. Intellektual'noe hronometrirovanie rabocheho vremeni [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.mallenom.ru/resheniya/mashinnoe-zrenie/po-zadacham/chronometraj-rabocheho-vremeni>. – Data dostupa: 05.03.2020.
2. Kontrol' rabocheho vremeni i biznes-processov [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.staffcop.ru/efficiency>. – Data dostupa: 05.03.2020.
3. Monitoring rabocheho vremeni sotrudnikov [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://rugloria1.com/monitoring-rabocheho-vremeni-sotrudnikov/>. – Data dostupa: 05.03.2020.
4. Iskusstvennyj intellekt v mode: jera algoritmov nachalas' [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://365-invest.com/iskusstvennyy-intellekt-v-mode-era-algoritmov-nachalas>. – Data dostupa: 15.03.19.
5. Kalinovskaja, I. N. Ispolzovanie iskusstvennogo intellekta v marketingovyh issledovanijah povedenija potrebitelej / I. N. Kalinovskaja, N. V. Dunec, M. S. Masejko // Molodoj uchenyj. – 2018. – № 33 (219). – S. 42–45.
6. Darechkin, V. M. Vnedrenie iskusstvennogo intellekta v proizvodstvennyj cikl predpriyatij ljogkoj promyshlennosti i ego social'no-jekonomicheskie posledstvija [Jelektronnyj resurs] / V. M. Darechkin // Upravlenie jekonomicheskimi sistemami: jelektronnyj nauchnyj zhurnal. – 2019. – №4. – Rezhim dostupa: <http://uecs.ru/marketing/item/5494-2019-04-19-12-03-45?pop=1&tmpl=component&print=1/>. – Data dostupa: 16.03.2020.
7. Dojerti, P. Chelovek + mashina. Novye principy raboty v jepohu iskusstvennogo intellekta / P. Dojerti, Dzh. Uilson. – Moskva : Izdatel'stvo «MIF», 2019. – S. 304.
8. Big data v promyshlennosti: innovacii, k kotorym pridetsja privykat' [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.ogcs.com.ua/big-data-v-promyshlennosti-innovatsii-k-kotorym-pridetsya-privykat/>. – Data dostupa: 16.03.2020.
9. ITC's researchers develop AI-powered system to automate quality control process in textile industry [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.polyu.edu.hk/itc/en/news/staff-achievements/?itceventid=306>. – Data dostupa: 10.03.2020.

Статья поступила в редакцию 19.02.2020

Научное издание

## **МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

Научный журнал

№ 1 (5), 2020

Дизайн обложки: *Самутина Н.Н., Мороз Е.В.*

Компьютерная верстка: *Григорьева Н.В.*

Редактор: *Осипова Т.А.*

---

Подписано в печать 10.02.2021. Гарнитура Times.

Усл. печ. листов 7,0. Уч.-изд. листов 7,9. Формат 60x90 1/8. Тираж 9 экз. Заказ № 42.

---

Выпущено редакционно-издательским отделом

Витебского государственного технологического университета.

210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

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

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