ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС
74940 – индивидуальная подписка
749402 – ведомственная подписка

SUBSCRIPTION INDEX
74940 – Individual Subscription
749402 – Corporate Subscription

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

VESTNIK

OF VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

выпуск № 2 (41) *issue № 2 (41)*

2021

ISSN 2079-7958 (print)
ISSN 2306-1774 (online)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 (41)

ВИТЕБСК 2021

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

VESTNIK

OF VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

№ 2 (41)

VITEBSK 2021

УДК 67/68
ББК 37.2
В 38

Вестник Витебского государственного технологического университета. № 2 (41). УО «ВГТУ»

Журнал включен в перечень научных изданий Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, в информационно-аналитическую систему «Российский индекс научного цитирования», наукометрические базы Google Scholar, Erich Plus, Ulrich's Periodicals Directory, Open Academic Journals Index (OAJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ), научную электронную библиотеку «КиберЛенинка».

Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72, тел.: 8-0212-49-53-38

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

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

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

Тексты набраны с авторских оригиналов.

UDC 67/68
BBK 37.2
B 38

Vestnik of Vitebsk State Technological University. № 2 (41). EI "VSTU"

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

Republic of Belarus, Vitebsk, Moscovsky pr, 72, tel.: 8-0212-49-53-38
Certificate of State Registration of the publisher, producer, and distributor of printed media No. 1/172 issued on February 12, 2014.
Certificate of State Registration of the publisher, producer, and distributor of printed media No. 3/1497 issued on February 30, 2017.

СОДЕРЖАНИЕ

Технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения

Химическая технология и экология

Экономика

CONTENTS

Technology and Machinery of Light Industry and Machine Building

Chemical Technology and Ecology

Economics

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА НАНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE RATE OF ELECTROSPINNING ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF NANOFIBROUS WEB

УДК 677.494

М.А. Демидова, Д.Б. Рыклин*
Витебский государственный технологический университет

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-9-15

M. Demidova, D. Ryklin*
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЕ, НАНОВОЛОКНИСТЫЙ МАТЕРИАЛ, СТРУКТУРА, ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Объект исследований – нановолокнистые материалы, получаемые способом электроформования. Цель работы – определение влияния частоты вращения коллектора на характер расположения волокон в получаемом материале, а также оценка влияния ориентации волокон на деформационные свойства электроформованных материалов. Доказано, что увеличение частоты вращения коллектора установки Fluidnatek LE-50 с 200 до 2000 $мин^{-1}$ приводит к повышению степени ориентации электроформованных волокон без существенного изменения их среднего диаметра. При этом закон распределения угла наклона волокон изменяется с равномерного на экспоненциальный. При повышении степени ориентации волокон существенно повышается прочность электроформованных материалов и снижается их разрывное удлинение.

ABSTRACT

ELECTROSPINNING, NANOFIBER MATERIAL, STRUCTURE, DEFORMATION PROPERTIES

The object of research is electrospun nanofibrous webs. The aim of this work is to determine the effect of the collector rotation frequency on the fibers arrangement in the electrospun webs, as well as to assess the effect of fibers orientation on their deformation properties. It is proved that an increase in the frequency of rotation of the collector of the Fluidnatek LE-50 installation from 200 to 2000 min^{-1} leads to an increase in the degree of orientation of the nanofibers without a significant change in their average diameter. In this case, the distribution law of the angle of the fibers inclination changes from uniform to exponential one. With an increase in the degree of fibers orientation the strength of the electrospun web increases significantly and their breaking elongation decreases.

В связи с высоким интересом исследователей к разработке новых нановолокнистых материалов, получаемых методом электроформования, в настоящее время большое внимание уделяется исследованию влияния различных факторов на их структуру. Известно, что от структуры материалов, получаемых для нужд биомедицины и косметологии, зависят такие его свойства, как скорость и характер биодеградации, характер взаимодействия с раневой поверхностью или тканью пораженного органа, особенности взаимодействия между органом и таргет-компонентом, заключенным в ориентированное волокно, скорость проникновения лекарственных средств через поверхностные слои нановолокнистого материала и др. [1, 2, 3].

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

Одной из характеристик структуры электроформованных материалов является характер расположения волокон, то есть их ориентация в одном или нескольких направлениях. От ориентации волокон зависит стабильность снятия материала с подложки. Также можно предположить, что материалы, состоящие из волокон, ориентированных в одном направлении, характеризуются более высокой прочностью. Получение непрерывных прямых и выровненных электроформованных нановолокон является необходимым для производства некоторых биомедицинских продуктов с анизотропными свойствами, таких как каркасы клеток человеческих тканей [4]. Хотя в тканевой инженерии обычно уместно случайное расположение волокон, так как оно хорошо имитирует структуру внеклеточного матрикса, в человеческом организме существуют структуры с выровненным расположением клеток, например, в естественных сосудах клетки гладких мышц выстраиваются по спирали в просвете. В связи с этим для производства каркасов данных клеток необходимо получение волокон с управляемой ориентацией, то есть волокна должны выравниваться в желаемом направлении и наноситься выровненными поверхностными слоями [5].

Таким образом, изучение способов управления ориентацией нановолокон и определение влияния её на свойства нановолокнистого материала или покрытия имеет важное практическое значение.

В процессе электроформования нестабильность изгиба струй волокнообразующего полимера приводит к непредсказуемому характеру осаждения, что является ограничивающим фактором при производстве распрямленных и ориентированных волокон [6].

Исследователи разных стран занимаются разработкой методов управления ориентацией волокон в электроформованных материалах. Разные методы достижения ориентации нановолокон предлагаются с учетом конструкций установок, на которых данные материалы вырабатываются.

В обзоре [7] описаны методы, которые включают модификацию коллектора для получения ориентированных волокон, например, с помощью вращающегося сердечника, а также регулирование степени параллелизации получаемых нановолокон за счет изменения скорости коллектора. Ву и другие описали использование параллельных вспомогательных электродов, установленных за коллектором для получения выровненных нановолокон контролируемого диаметра. Установка вспомогательных электродов различной формы обеспечивает создание внешнего электрического поля для управления траекторией волокна и площадью осаждения волокон [8].

Волокна могут быть ориентированы в пространстве между двумя коллекторами. Такая технология получила название gap metod. Эффект выравнивания нановолокон в таких пространствах ограничен толщиной осажденного слоя, поскольку ориентация становится более случайной по мере осаждения большего количества волокон. В модификации данного метода получения выровненных нановолокон используются два кольцеобразных коллектора для выравнивания волокна через пространство между ними.

Анализ проводимых в мире исследований по ориентации нановолокон показал, что наиболее простым методом получения параллелизованных электроформованных нановолокон является повышение частоты вращения осадительного электрода (коллектора). Этот способ применим при нанесении волокон на подложку, закрепленную на коллекторе, представляющем собой вращающийся барабан. Можно предположить, что в этом случае ориентация волокон в значительной степени зависит от частоты вращения осадительного электрода.

Целью данной работы было определение влияния частоты вращения коллектора на характер расположения волокон в получаемом материале, а также оценка влияния ориентации волокон на деформационные свойства электроформованных материалов.

Исследования проводились на установке Fluidnatek LE-50 [9]. Исследуемые образцы нановолокнистых материалов вырабатывались из водных растворов поливинилового спирта марки Arkofil PPL, содержащих 14 % волокнообразующего полимера. Наработка материалов осуществлялась при трех значениях частоты вращения коллектора: 200 $мин^{-1}$, 1100 $мин^{-1}$ и 2000 $мин^{-1}$.

Остальные параметры процесса для всех образцов оставались постоянными:

– время наработки образцов – 30 ***мин***,

– расстояние от эмиттера до коллектора – 10 ***см***,

– напряжение на эмиттере – 29 ***кВ***,

– напряжение на коллекторе – -9 ***кВ***,

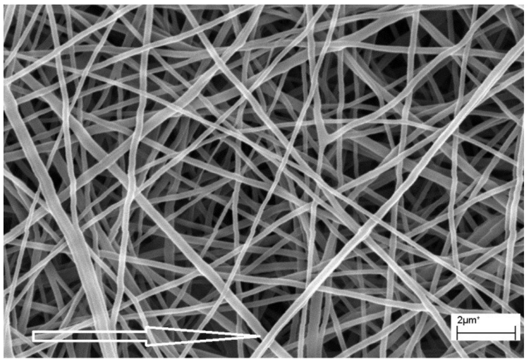
– расход прядильного раствора – 1,3 ***мл/ч***.

В качестве подложки использовалась бумага с нанесенным на принтере слоем черной краски. Для визуализации структуры волокнистого материала, полученного электроформованием, и определения диаметра волокон был использован метод сканирующей электронной микроскопии с помощью микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия), при этом при получении фотографий образцы были сориентированы в направлении окружной скорости коллектора.

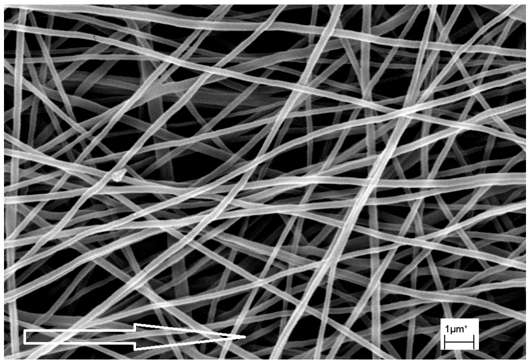
Для каждого образца осуществлены измерения диаметров получаемых волокон и угла их наклона относительно направления окружной скорости коллектора. Для проведения измерений использованы фотографии исследуемых образцов, полученные при увеличении в 15 000 раз, примеры которых представлены на рисунке 1. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Определение диаметра волокон осуществлялось по результатам 100 измерений, а измерение углов их наклона проводилось для всех волокон, попадающих на фотографии. С учетом различного расположения волокон в экспериментальных образцах их количество на полученных изображениях существенно зависело от частоты вращения коллектора. Поэтому количество фотографий, используемых при проведении измерений, было различным. Из-за того, что при частоте вращения коллектора 200 ***мин***$^{-1}$ было получено хаотичное расположение волокон, что подтверждается средним значением угла наклона, близким к 45°, на фотографии было видно существенно большее их количество, чем на остальных изображениях. В связи с этим для данной частоты вращения для измерения использованы 4 фотографии (494 волокна), а для частот вращения 1100 и 2000 ***мин***$^{-1}$ – 5 фотографий (250 и 268 волокон, соответственно).

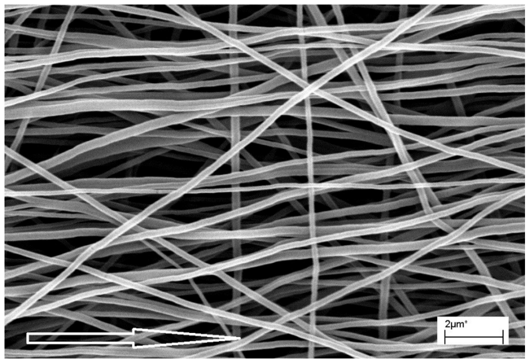
Анализируя данные таблицы 1, можно отметить, что частота вращения коллектора не оказывает влияния ни на средний диаметр волокна, ни на его равномерность по диаметру. Полученные результаты различаются не более чем на 7 ***нм*** и находятся в пределах статистической ошибки.



а



б



в

Рисунок 1 – Изображения структуры нановолокнистых материалов, выработанных при различной частоте вращения коллектора: а) 200 ***мин***$^{-1}$*; б) 1100* ***мин***$^{-1}$*; в) 2000* ***мин***$^{-1}$

В то же время можно обратить внимание на то, что с увеличением частоты вращения коллектора происходит заметная ориентация волокон вдоль направления окружной скорости кол-

Таблица 1 – Влияние частоты вращения коллектора на параметры структуры электроформованного материала

Частота вращения коллектора, $мин^{-1}$	Диаметр волокна, $нм$	Коэффициент вариации по диаметру, %	Средний угол наклона волокна, $град$
200	180,11	30,6	46,3
1100	175,72	23,1	39,4
2000	182,23	28,7	23,7

лектора. Так, при увеличении частоты с 200 до 2000 $мин^{-1}$ среднее значение угла наклона волокон уменьшилось практически в два раза.

Также представляет интерес влияние скоростного режима процесса электроформования на законы распределения угла наклона волокон, представленные на рисунке 2. Можно отметить, что для частоты вращения 200 $мин^{-1}$ распределение угла наклона волокон соответствует равномерному закону, в то время как с повышением частоты вращения распределение приближается к экспоненциальному закону. При частоте вращения коллектора 1100 $мин^{-1}$ только 33 % волокон отклонено от направления окружной скорости не более чем на 20°, а при частоте 2000 $мин^{-1}$ количество таких волокон возрастает почти вдвое и составляет 65 %. При хаотичном расположении количество таких волокон составляет около 22 %. Также существенно снижается количество волокон, располагающихся в поперечном направлении (70° – 90°): при 1100 $мин^{-1}$ – 15 %, при 2000 $мин^{-1}$ – 6 %.

Кроме того, необходимо отметить, что полученные образцы визуально отличались друг от друга. Образец, выработанный при минимальной частоте вращения коллектора, характеризовался матовой поверхностью, а с увеличением скоростного режима образцы приобретали блеск, что также объясняется повышением степени ориентации волокон в их структуре.

На следующем этапе исследований была осуществлена оценка влияния ориентации полимерных нановолокон на разрывную нагрузку получаемого нановолокнистого материала.

Для определения разрывной нагрузки и разрывного удлинения нановолокнистого материала использовалась разрывная машина серии Time WDW-20E. Испытания образцов производились при скорости деформирования, равной 50 $мм/мин$, и зажимной длине 10 $см$. Испыта-

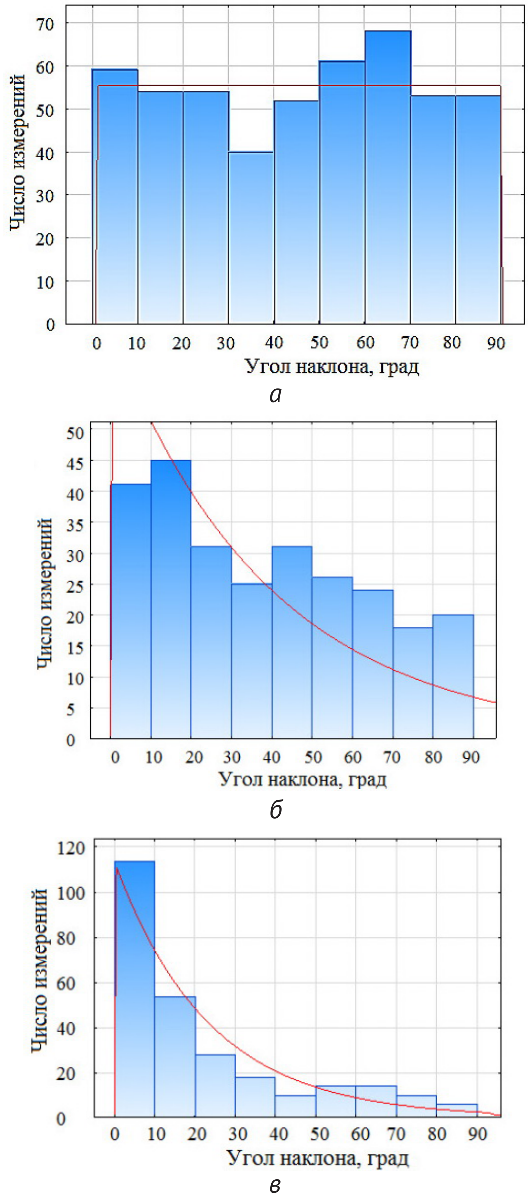
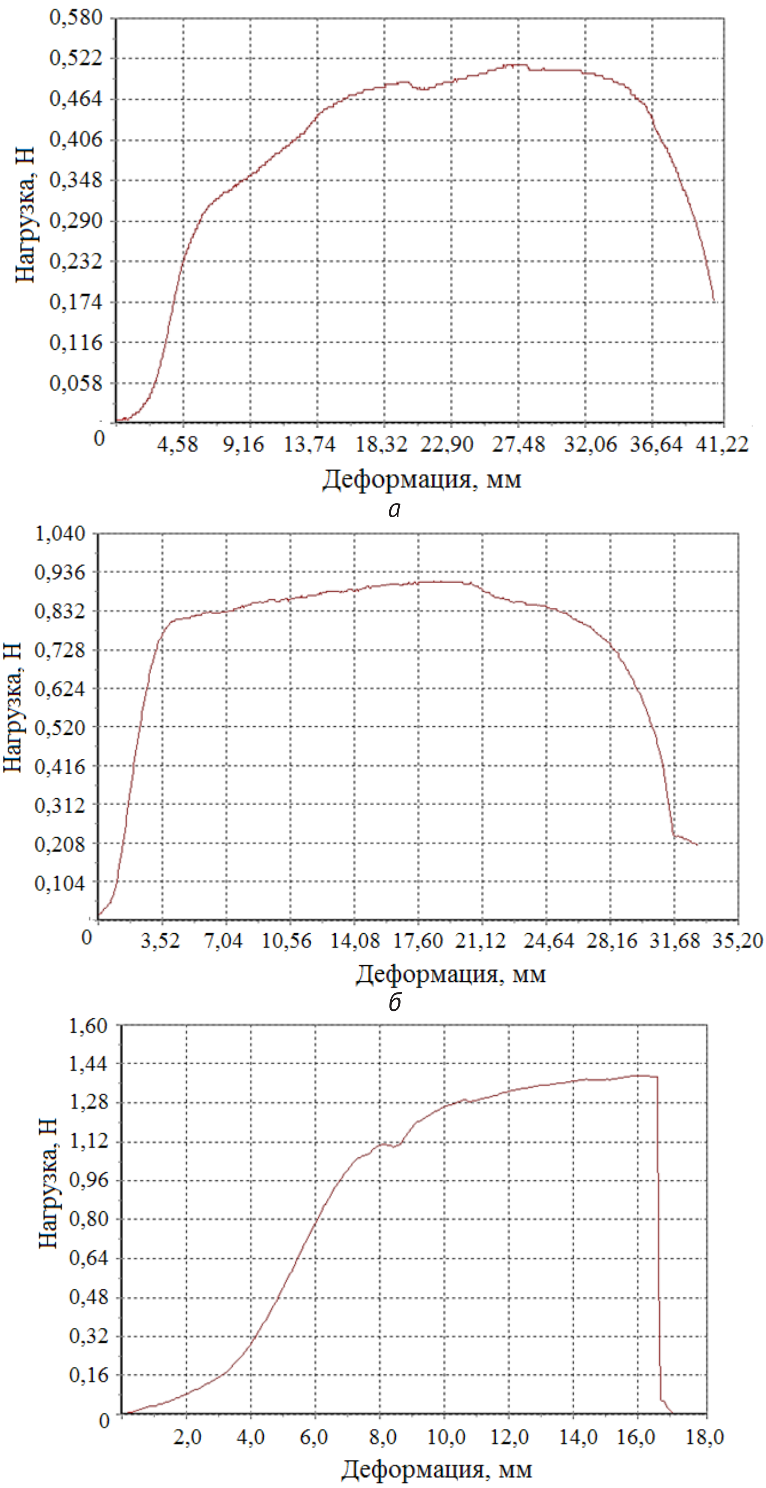


Рисунок 2 – Распределение углов нановолокон в образцах с разной скоростью вращения коллектора: а) 200 $мин^{-1}$; б) 1100 $мин^{-1}$; в) 2000 $мин^{-1}$

ниям подвергались образцы нановолокнистых материалов шириной 10 ***см***. В ходе эксперимента были получены кривые растяжения образцов, представленные на рисунке 3. Определенные физико-механические свойства нановолокнистых материалов сведены в таблицу 2.



в

Рисунок 3 – Кривые растяжения нановолокнистых материалов, полученных при разной частоте вращения коллектора: а) 200 ***мин***$^{-1}$*; б) 1100* ***мин***$^{-1}$*; в) 2000* ***мин***$^{-1}$

Таблица 2 – Влияние частоты вращения коллектора на параметры структуры электроформованного материала

Средний угол наклона волокна, $град$	**Разрывная нагрузка материала, cH**	**Относительное разрывное удлинение, %**
46,3	51,6	27,0
39,4	91,2	18,4
23,7	138,4	16,31

Анализируя полученные данные, можно отметить следующее. С увеличением степени ориентации волокон разрывная нагрузка материала существенно повышается с 51,6 cH до 138,4 cH, то есть в 2,7 раза, что практически соответствует увеличению в 3 раза доли волокон, отклоняющихся от основного направления на величину от 0 до 20º.

Таким образом, при проведении исследований доказано, что увеличение частоты вращения коллектора установки Fluidnatek LE-50 приводит к повышению степени ориентации электроформованных волокон, которая, в свою очередь, оказывает значительное влияние на характеристики получаемых материалов.

В связи с этим рекомендации по выбору скоростного режима процесса электроформования должны определяться на основании требований, предъявляемых к материалам с учетом их дальнейшего использования.

Если для исследователя стоит цель получить более пластичный нановолокнистый материал с сетчатой хаотичной структурой, при его наработке рекомендуется устанавливать более низкую частоту вращения коллектора. В то же время, если необходимо получить электроформованный материал с высокими прочностными показателями и выровненной вдоль образца структурой нановолокон, целесообразна его наработка при высокой частоте вращения коллектора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Sakamoto, H., Fujiwara, I., Takamura, E., Suye, S. (2020), Nanofiber-guided orientation of electrospun carbon nanotubes and fabrication of aligned CNT electrodes for biodevice applications, *Materials Chemistry and Physics*, 2020, № 245, article 122745.

2. Dorati, R., Chiesa, E., Pisani, S., Genta, I., Modena, T., Bruni, G., Brambilla, C. R. M., Benazzo, M., Conti, B. (2020), The effect of process parameters on alignment of tubular electrospun nanofibers for tissue regeneration purposes, *Journal of Drug Delivery Science and Technology,* 2020, № 58, article 101781.

3. Rickel, A. P., Deng, X., Engebretson, D., Hong, Z. Electrospun nanofiber scaffold for vascular

REFERENCES

1. Sakamoto, H., Fujiwara, I., Takamura, E., Suye, S. (2020), Nanofiber-guided orientation of electrospun carbon nanotubes and fabrication of aligned CNT electrodes for biodevice applications, *Materials Chemistry and Physics,* 2020, № 245, article 122745.

2. Dorati, R., Chiesa, E., Pisani, S., Genta, I., Modena, T., Bruni, G., Brambilla, C. R. M., Benazzo, M., Conti, B. (2020), The effect of process parameters on alignment of tubular electrospun nanofibers for tissue regeneration purposes, *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 2020, № 58, article 101781.

3. Rickel, A. P., Deng, X., Engebretson, D., Hong, Z. Electrospun nanofiber scaffold for vascular tissue engineering (2021), *Materials Science and*

tissue engineering (2021), *Materials Science and Engineering: C*, 2021, № 129, article 112373.

4. Eom, S., Park, S. M., Hwang, D. G., Kim, H. W., Jang, J., Kim, D. S. Fabrication of an align-random distinct, heterogeneous nanofiber mat endowed with bifunctional properties for engineered 3D cardiac anisotropy (2021), *Composites Part B: Engineering, 2021,* № 226, article 109336.

5. Pozzobon, L. G., Sperling, L. E., Teixeira, C. E., Malysz, T., Pranke, P. Development of a conduit of PLGA-gelatin aligned nanofibers produced by electrospinning for peripheral nerve regeneration (2021), *Chemico-Biological Interactions*, 2021, № 348, article 109621.

6. Lei, T., Peng, Q., Chen, Q., Xiong, J., Zhang, F., Sun, D. Alignment of electrospun fibers using the whipping instability (2017), *Materials Letters*, 2017, № 193, pp. 248–250.

7. Arras, M. L., Grasl, C., Bergmeister, H., Schima, H. Electrospinning of aligned fibers with adjustable orientation using auxiliary electrodes (2012), *Sci. Technol. Adv. Mater,* 2012, № 13, article 035008.

8. Li, L., Su, J., Wang, Y., Wang, G., Zhang, Z., Liu, X. Highly aligned PAN nanofiber bundles prepared via a novel Venturi tube high-speed airflow drafting (VAD) method (2021), *Materials Letters,* 2021, № 302, article 130383.

9. Ясинская, Н. Н., Рыклин, Д. Б., Скобова, Н. В., Демидова, М. А., Азарченко, В. М. (2021), Исследование свойств прядильного раствора и структуры нановолокнистого покрытия для медицины и косметологии, *Дизайн и технологии*, 2021, С. 141–147.

Engineering: C, 2021, № 129, article 112373.

4. Eom, S., Park, S. M., Hwang, D. G., Kim, H. W., Jang, J., Kim, D. S. Fabrication of an align-random distinct, heterogeneous nanofiber mat endowed with bifunctional properties for engineered 3D cardiac anisotropy (2021), *Composites Part B: Engineering*, 2021, № 226, article 109336.

5. Pozzobon, L. G., Sperling, L. E., Teixeira, C. E., Malysz, T., Pranke, P. Development of a conduit of PLGA-gelatin aligned nanofibers produced by electrospinning for peripheral nerve regeneration (2021), *Chemico-Biological Interactions,* 2021, № 348, article 109621.

6. Lei, T., Peng, Q., Chen, Q., Xiong, J., Zhang, F., Sun, D. Alignment of electrospun fibers using the whipping instability (2017), *Materials Letters,* 2017, № 193, pp. 248–250.

7. Arras, M. L., Grasl, C., Bergmeister, H., Schima, H. Electrospinning of aligned fibers with adjustable orientation using auxiliary electrodes (2012), *Sci. Technol. Adv. Mater,* 2012, № 13, article 035008.

8. Li, L., Su, J., Wang, Y., Wang, G., Zhang, Z., Liu, X. Highly aligned PAN nanofiber bundles prepared via a novel Venturi tube high-speed airflow drafting (VAD) method (2021), *Materials Letters*, 2021, № 302, article 130383.

9. Yasinskaya, N. N., Ryklin, D. B., Skobova, N. V., Demidova, M. A., Azarchenko, V. M. (2021), Investigation of the properties of a spinning solution and the structure of a nanofiber coating for medicine and cosmetology [Issledovaniye svoystv pryadil'nogo rastvora i struktury nanovoloknistogo pokrytiya dlya meditsiny i kosmetologii], *Dizayn i tekhnologii – Design and Technology*, 2021, pp. 141–147.

Статья поступила в редакцию 18. 10. 2021 г.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ КАРТОНОВ ДЛЯ ЗАДНИКОВ ОБУВИ

INTEGRAL ASSESSMENT OF CARDBOARD PROPERTIES FOR STIFFENERS

УДК 685.34.035.47 : 685.34.073.42
П.Г. Деркаченко*, А.Н. Буркин
Витебский государственный технологический университет

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-16-24
P. Dzerkachenka*, A. Burkin
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ОБУВЬ, ЗАДНИК, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА

Целью исследования является оценка и анализ физико-механических свойств картонов для задников, а также разработка комплексного показателя качества, позволяющего определить наилучший образец материалов. Объектом исследования являются современные кожкартоны, применяемые для производства задников обуви. Предмет исследования – их физико-механические свойства. В статье выбран комплекс показателей для оценки физико-механических свойств картонов для задников, приведена их характеристика и методики оценки, проведены исследования свойств и анализ полученных данных, представлены результаты оценки качества материалов для задников обуви в комплексе их показателей свойств. Использованный метод – метод комплексной оценки качества. Результаты работы – определён наилучший из используемых в производстве с точки зрения изготовления и эксплуатации артикул картона для задников обуви. Область применения результатов – обувная промышленность.

ABSTRACT

FOOTWEAR, STIFFENERS, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES, INTEGRAL INDICATOR OF QUALITY

The aim of the research is to assess and analyze the physical and mechanical properties of cardboards for stiffeners, as well as to develop an integral quality indicator that allows determining the best sample of materials. The object of research is modern leather cartons used for the production of stiffeners. The subject of research is their physical and mechanical properties. The article describes a set of indicators selected to evaluate the physical and mechanical properties of cardboard for stiffeners. Their characteristics and methods of assessment are given, the obtained data are presented. The results of assessing the quality of materials for stiffeners as a complex of their property indicators are discussed. The method used is an integral quality assessment method. As the result of the work the best article of cardboard for using in the production stiffeners is determined. The application area of the results is the footwear industry.

Стратегия развития промышленного производства Республики Беларусь, описанная в Программе социально-экономического развития страны на 2021–2025 годы, предусматривает его трансформацию в конкурентоспособный комплекс, оперативно реагирующий на мировую конъюнктуру и потребности внутреннего рынка [1]. Одним из главных направлений в решении данной проблемы является снижение затрат и повышение качества продукции.

Важным критерием оценки качества обуви является способность изделия сохранять свою форму при изготовлении, хранении, а также в течение всего периода эксплуатации, то есть формоустойчивость. Формоустойчивость обуви зависит от большого числа факторов: свойств используемых материалов, качества выполнения технологических процессов изготовления,

* E-mail: *pawelderk@mail.ru* (P. Dzerkachenka)

формы колодки, условий носки и др. Большую роль при этом играют упруго-пластические свойства каркасных деталей обуви, которые должны находиться в пределах, достаточных для обеспечения требуемой формоустойчивости изделия. Одной из таких деталей является задник. Из множества функций, выполняемых этой деталью, следует выделить одну из важнейших – придание обуви формы колодки при изготовлении и сохранение ее при эксплуатации. Следует отметить, что формоустойчивость задника напрямую влияет на формоустойчивость обуви в целом. При хорошем качестве задников обувь может быть использована почти до полного износа ее низа и верха; при неудовлетворительном – обувь может быстро прийти в негодность. Преждевременный износ задников не может, как правило, возмещаться ремонтом обуви, так как такой ремонт весьма трудоемок.

Надо отметить, что уровень качества задников во многом определяется качеством материалов, применяемых в их производстве. В Республике Беларусь при изготовлении задников наибольшее распространение получили обувные картоны [2], которые при хороших упруго-пластических свойствах обладают также хорошей способностью к формованию. К кожкартонам при производстве задников предъявляются следующие требования: они должны легко формоваться, быть формоустойчивыми, хорошо храниться и поддаваться обработке при нормальных условиях окружающей среды, а также по возможности обеспечивать использование отходов, получаемых как в процессе производства картона, так и в процессе изготовления задников. При изготовлении готовой обуви кожкартонные задники должны хорошо склеиваться с подкладкой и верхом из натуральной или искусственной кожи, тканью, а полученные соединения не должны расслаиваться. В процессе формования материалы должны хорошо деформироваться вместе с заготовкой, сохранять форму и толщину по всей площади, не образовывать складок. После температурных воздействий пяточная часть должна сохранять форму, полученную при формовании. При эксплуатации важно, чтобы задники были формоустойчивыми и обладали хорошими эргономическими свойствами. Большая жесткость, а также толщина картона может ухудшить качество вырубки и шлифовки детали, его эргономические свойства. Жесткие, толстые задники неудобны в носке, т.к. они тяжелы, плохо приформовываются к стопе, и своим верхним краем часто натирают ногу в области лодыжек. Низкие значения таких показателей, как относительное удлинение при растяжении и предел прочности при растяжении, отрицательно влияют на формуемость изделия, на его дальнейшую приформовываемость к стопе в период эксплуатации и могут быть причиной быстрого оседания задника. Малая влагостойкость приводит к преждевременной деформации или разрушению задника.

Как показывает практика, в связи с отсутствием в Республике Беларусь промышленного производства обувных картонов, отечественные предприятия используют зарубежные картоны, свойства которых практически не изучены. Производители не всегда предоставляют достаточную информацию об основных характеристиках физико-механических свойств данных материалов [3], как правило, указывается лишь назначение и размерные характеристики листа. Кроме того, зарубежные производители не применяют классификацию обувных картонов на марки, что затрудняет оценку их качества [4]. Это обуславливает необходимость всестороннего комплексного изучения основных характеристик физико-механических свойств и сравнительного анализа качества современных материалов для задников, используя при этом показатели, изложенные в технических нормативных правовых актах (ТНПА). Причём для определения образцов материалов с наилучшим качеством целесообразно не только определять значения единичных показателей, но и провести комплексную оценку их свойств на основе единичных показателей, регламентируемых ТНПА.

Таким образом, целью данной работы является сравнительная оценка физико-механических свойств современных картонов, применяемых в производстве задников, основанная на требованиях ТНПА, а также расчёт интегрального показателя качества для определения образца, обладающего наилучшим комплексом физико-механических свойств.

В Республике Беларусь единственным изготовителем кожкартонных задников является предприятие ООО «Новый Век» (г. Витебск), которое в своем производстве использует картоны, выпускающиеся в различных зарубежных странах, в том числе Германии, Словении, реже – Италии. При производстве задников чаще всего применяются картоны следующих наименований: Lederret 22/1,5; Lederret 23/1,5, Lederret 28/1,5 (Германия), а также CFP 1,5; CFP 2,2; CFD 1,6; CFD 1,5 (Словения). Данные материалы были выбраны в качестве объектов исследования.

Пригодность того или иного картона для изготовления задников оценивают по его физико-механическим свойствам, описанным в ГОСТ 9542-89 «Картон обувной и детали из него. Общие технические условия» [5]. Согласно указанному стандарту были выбраны для исследования следующие показатели качества, влияющие на формоустойчивость задника:

– плотность;
– намокаемость;
– влажность;
– относительное удлинение при растяжении;
– предел прочности при растяжении после замачивания в воде;
– жесткость при статическом изгибе;
– формоустойчивость.

Исследования проводились на поверенном оборудовании Испытательного центра УО «ВГТУ», согласно ГОСТ 9186-76 «Картон обувной и детали из него. Правила приемки и методы испытаний» [3].

Образцы для испытаний были вырезаны из листов проб картона каждого вида при помощи штанцевого ножа как в поперечном, так и в машинном (продольном) направлении. Машинное направление помечалось стрелкой. Перед испытаниями образцы в течение 24 часов были подвергнуты кондиционированию при относительной влажности воздуха 65 % и температуре 20 $^\circ C$. Результаты испытаний определялись как среднее арифметическое результатов испытаний образцов, вырезанных в каждом направлении.

Плотность картона (P), $г/см^3$, определяли согласно ГОСТ 9186-76 [6] на двух образцах картона каждого вида, вырезанных в поперечном и машинном направлениях, размером 50×50 *мм*. Толщину каждого образца измеряли толщиномером ТР-10А с ценой деления 0,1 *мм*. За итоговое значение толщины взяли среднее арифметическое измерений в трёх точках, расположенных на одной диагонали, подсчитанное до второго десятичного знака. Масса каждого образца определялась на электронных лабораторных весах РА 214С, с погрешностью 0,01 *г*. Плотность образцов рассчитывалась по формуле

$$P = 0,4 \cdot \frac{m}{h} \quad , \tag{1}$$

где m – масса испытуемого образца картона, *г*; h – толщина испытуемого образца картона, *мм*; 0,4 – переводной коэффициент с учётом приведения массы испытуемых образцов к массе бумаги площадью 1 $м^2$. За результат испытания плотности было принято среднее арифметическое результатов двух измерений образцов картона каждого вида, подсчитанное до второго десятичного знака.

Для определения намокаемости по ГОСТ 8972-78 «Кожа искусственная. Методы определения намокаемости и усадки» [7] было отобрано по четыре образца картона каждого вида размером 50×50 *мм*, вырезанных ранее, соответственно 2 в машинном и 2 в поперечном направлениях. Каждый образец взвешивался на электронных лабораторных весах РА 214С, с точностью до 0,01 *г*. Взвешенные образцы погружались в воду, температурой 20 $^\circ C$, на 2 *ч*. Поскольку масса воды должна быть не менее 15-кратной массы образцов, было взято количество воды, равное 2000 *мл*. По истечении 2 *ч* вынутую из воды элементарную пробу освободили от поверхностной влаги (без отжима) при помощи фильтровальной бумаги и взвесили вторично. Намокаемость (H) в % вычислялась по формуле

$$H = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\% \quad , \tag{2}$$

где m – масса образца до намокания, *г*; m_1 – масса образца после 2 *ч* намокания, *г*. За итоговый результат было принято среднее арифметическое результатов четырёх испытаний образцов картона каждого вида, округленное до целого числа.

Для определения влажности по ГОСТ 13525.19-91 «Бумага и картон. Определение влажности. Метод высушивания в сушильном шкафу» [8] было взято по два образца картона каждого вида размером 75×150 $\boldsymbol{мм}$, вырезанных ранее в поперечном и машинном направлении. Для испытаний образцы были помещены в чистые сухие сосуды, предварительно пронумерованные, с температурой окружающей среды. Каждый сосуд хранился закрытым до момента помещения в него пробы. Затем сосуды с содержимым были взвешены на электронных лабораторных весах PA 214C, с точностью до 0,01 $\boldsymbol{г}$. Открытые сосуды с образцами картона были помещены в сушильный шкаф ГП-40-400 и высушивались до постоянной массы при температуре 105 $^{\circ}\boldsymbol{C}$. Постоянство массы считают достигнутым, если после повторных высушиваний в течение 0,5 $\boldsymbol{ч}$ разность масс при взвешивании не будет превышать 0,1 % первоначальной массы. Для взвешиваний сосуд быстро извлекался из сушильного шкафа, закрывался крышкой и охлаждался в эксикаторе. Влажность картона ($\boldsymbol{W}$) в % рассчитывалась по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% \ , \qquad (3)$$

где $\boldsymbol{m_1}$ – масса образца картона до высушивания, $\boldsymbol{г}$; $\boldsymbol{m_2}$ – масса образца картона после высушивания, $\boldsymbol{г}$. За результат было принято среднее арифметическое результатов двух параллельных испытаний образцов картона каждого вида, округленное до 0,1 %.

Определение относительного удлинения и предела прочности при растяжении после замачивания в воде проводилось согласно ГОСТ 13525.1-79 «Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении» [9]. Для испытаний было взято по шесть образцов картона каждого вида, вырезанных ранее в машинном и поперечном направлениях, размерами 10×90 $\boldsymbol{мм}$. Толщину каждого образца измеряли толщиномером ТР-10А с ценой деления 0,1 $\boldsymbol{мм}$ до замачивания, в трех точках по наибольшей стороне образца. За итоговое значение было принято среднее арифметическое результатов измерения, подсчитанное до второго десятичного знака. Далее образцы выдерживались в воде с температурой 20 $^{\circ}\boldsymbol{C}$ в течение 24 $\boldsymbol{ч}$. Поскольку масса воды должна быть не менее 15-кратной массы образцов, было взято количество воды, равное 2000 $\boldsymbol{мл}$. Испытания проводились на разрывной машине РМ-30. Образцы закреплялись в зажимах разрывной машины без предварительной силы натяжения, расстояние между клеммами было установлено равным 50 $\boldsymbol{мм}$. Разрушающее усилие и удлинение отсчитывалось с точностью до одного деления шкалы. Скорость опускания нижнего зажима разрывной машины была подобрана таким образом, чтобы разрыв образца происходил не менее, чем через 20 и не более чем через 25 секунд от начала нагружения.

Относительное удлинение при растяжении (δ) в % вычислялось по формуле

$$\delta = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\% \ , \qquad (4)$$

где $\Delta \boldsymbol{l}$ – среднее арифметическое значение удлинения всех испытуемых образцов, $\boldsymbol{мм}$; $\boldsymbol{l}$ – номинальное расстояние между зажимами, равное 50 $\boldsymbol{мм}$.

Предел прочности при растяжении (σ), округленный с точностью до 1,0 $\boldsymbol{МПа}$, рассчитывался по формуле

$$\sigma = \frac{F}{b \cdot h} \ , \qquad (5)$$

где $\boldsymbol{F}$ – разрушающее усилие, $\boldsymbol{H}$; $\boldsymbol{b}$ – ширина образца, $\boldsymbol{мм}$; $\boldsymbol{h}$ – толщина образца, $\boldsymbol{мм}$.

За результат испытаний относительного удлинения при растяжении и предела прочности при растяжении было принято среднее арифметическое трёх параллельных определений каждого показателя у картона каждого вида для каждого направления.

Для определения жесткости по ГОСТ 9187-74 «Картон обувной. Метод определения жесткости и изгибостойкости при статическом изгибе» по методу А [10] были взяты по три образца картона каждого вида размером 10×50 $мм$. Для испытаний использовалась разрывная машина РМ-30 и изгибающее приспособление, состоящее из опорных и изгибающего валиков диаметром 2,5 $мм$. Приспособление устанавливалось в зажимах разрывной машины. Образец закладывался в приспособление между изгибающим и опорными валиками лицевой поверхностью к изгибающему валику так, чтобы изгибающий валик находился посередине его длины. Испытание картона осуществлялось при скорости движения нижнего зажима 90 $мм/мин$. В процессе испытания фиксировалась максимальная нагрузка P, H, при изгибании образца длиной l, $мм$ (рисунок 1).

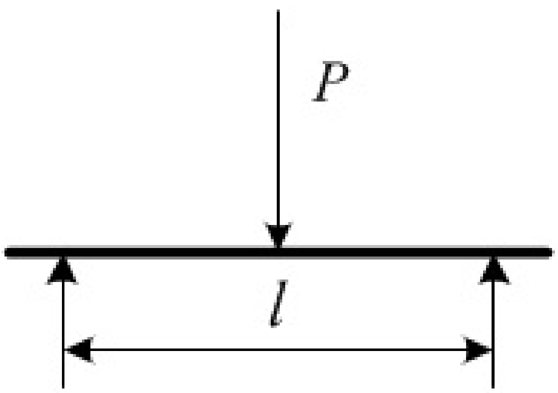


Рисунок 1 – Схема нагружения образца картона при определении жесткости и изгибостойкости при статическом изгибе

После испытания производилась визуальная оценка образца на предмет отсутствия или наличия изломов либо расслаиваний. Жесткость картона определялась нагрузкой в ньютонах, необходимой для изгиба образца. За итоговый результат было принято среднее арифметическое трех параллельных испытаний образцов картона каждого вида, округленное до 0,1 H.

Формоустойчивость обувных картонов определялась по ГОСТ 9542-89 [5]. Для испытаний было взято четыре образца картона каждого вида размером 30×100 $мм$, вырезанных ранее, два – в машинном направлении, два – в поперечном. Испытания проводились при помощи специальной пресс-формы (рисунок 2).

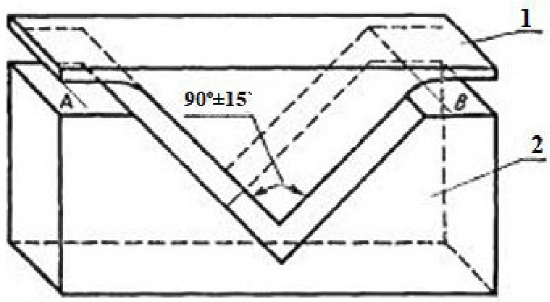


Рисунок 2 – Схема пресс-формы для формования образцов картонов для задников:
1 – пуансон; 2 – матрица пресс-формы

В матрицу 2 пресс-формы помещали по очереди образцы, каждый из которых прижимали пуансоном 1, на который помещали груз массой 6 $кг$. Пресс-форму с образцом и грузом размещали в сушильном шкафу ГП-40-400, в котором предварительно не менее 1 $ч$ поддерживали температуру 80 $^{\circ}C$. Пресс-форма с образцом и грузом выдерживались в сушильном шкафу в течение 60 c. Затем образцец вынимался из пресс-формы, помещался на горизонтальную плоскость и через 120 секунд поочередно с обоих концов образца измеряли линейкой с ценой деления 1 $мм$ высоту h (рисунок 3).

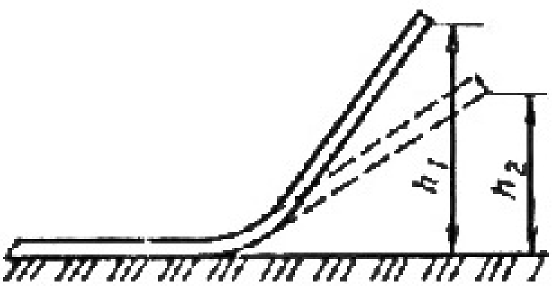


Рисунок 3 – Схема измерения формоустойчивости образцов картонов для задников

Следующий образец размещался в пресс-форме после того, как пресс-форма и груз остывали до температуры окружающей среды. За результат испытания было принято среднее арифметическое значение высоты соответственно h_1 и h_2 образцов картона каждого вида, округленное до 1,0 $мм$.

Результаты исследования сведены в общую таблицу (таблица 1).

Для определения образцов материалов с наилучшим набором свойств целесообразно анализировать не единичные показатели, а рассмотреть их в комплексе [11]. Один из способов комплексной оценки качества материалов состоит в том, что учитывает аналогии между составом и свойствами исследуемого материала и материала, свойства которого уже известны [12]. Данный способ был взят за основу для оценки качества исследуемых образцов. На основе приведенных данных рассчитывалось отношение каждого показателя исследуемых материалов к значениям «эталона», эталон принимался за 100 %. Для комплексной оценки качества материалов использовали «многоугольник качества», для наглядного представления которого данные отображаются в виде лепестковой диаграммы [8]. За эталон принимался материал для задников обуви, значения свойств которого соответствуют ГОСТ 9542-89 [5] и представлены в таблице 2.

На рисунке 4 приведена лепестковая диаграмма относительных показателей материалов для задников обуви и «эталона».

На рисунке 4: $ОП\ P$, % – относительный показатель плотности; $ОП\ H$, % – относительный показатель намокаемости; $ОП\ W$, % – относительный показатель влажности; $ОП\ \delta$, % – отно-

Таблица 1 – Значения показателей качества картонов для задников

Среднее значение показателя	Единицы измерения	Наименование материала					
		Lederret 22/1,5	Lederret 28/1,5	CFP 1,5	CFP 2,2	CFD 1,6	CFD 1,5
Плотность	$г/см^3$	0,85	0,82	0,91	0,90	0,90	0,92
Намокаемость	%	60	60	54	54	57	52
Влажность	%	12,5	14,8	12,9	11,2	12,0	12,7
Относительное удлинение при растяжении	%	13,9	12,5	10,1	11,7	11,6	12,4
Жесткость 2-опорная	$Н$	5	5,1	6,9	14	5,4	5,5
Формоустойчивость	$мм$	37	39	39	33	35	38
Предел прочности при растяжении картонов после замачивания в воде	$МПа$	4	4	3	3	3	3

Таблица 2 – Свойства «эталонного» материала для задников обуви

Показатель	Единицы измерения	Значение
Плотность	$г/см^3$	0,9
Намокаемость	%	55
Влажность	%	13,5
Относительное удлинение при растяжении	%	13,5
Жесткость 2-опорная	$Н$	12,5
Формоустойчивость	$мм$	36
Предел прочности при растяжении картонов после замачивания в воде	$МПа$	3,5

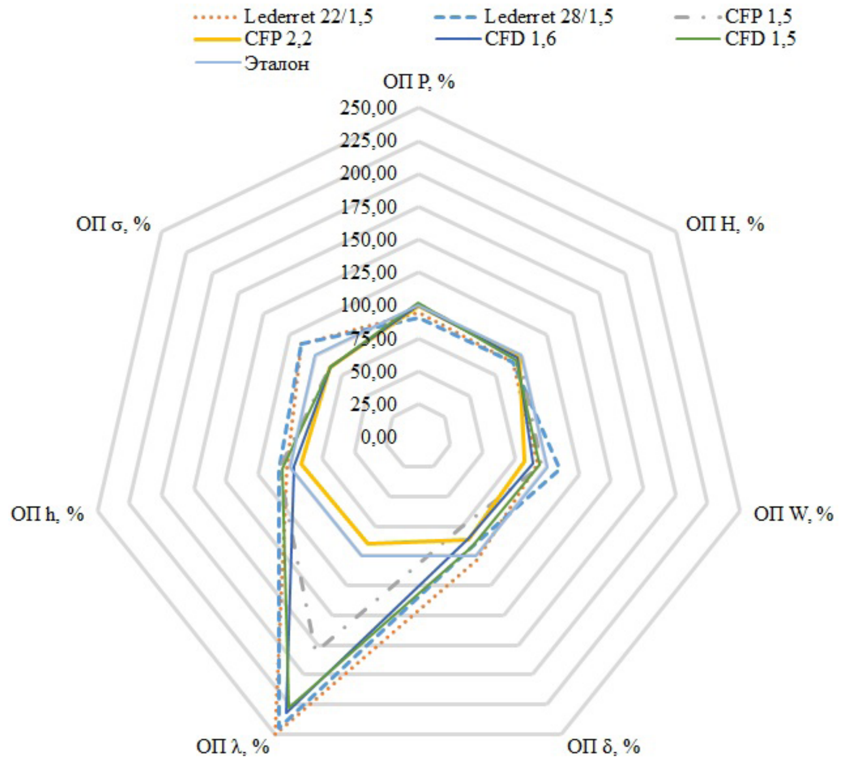


Рисунок 4 – Диаграмма относительных показателей качества материалов для задников обуви

сительный показатель относительного удлинения при растяжении; ***ОП*** λ, % – относительный показатель жесткости 2-опорной; ***ОП*** h, % – относительный показатель формоустойчивости; ***ОП*** σ, % – относительный показатель предела прочности при растяжении картонов после замачивания в воде.

Вычисленные показатели качества приведены в таблице 3.

Анализ данных таблиц 1, 3 показал, что физико-механические свойства материалов для задников обуви в целом соответствуют требованиям ГОСТ 9542-89 [5]. Однако значение комплексного показателя качества картона CFP 2,2 получилось ниже эталонного. Данный артикул обладает высокими жёсткостью, плотностью, а также малыми значениями относительного удлинения и предела прочности при растяжении. Это обуславливает плохую формуемость и низкие эргономические свойства. Учитывая вышеуказанные недостатки, даже несмотря на хорошую формоустойчивость, авторы не рекомендуют исполь-

Таблица 3 – Значения интегральных показателей качества

	Lederret 22/1,5	Lederret 28/1,5	CFP 1,5	CFP 2,2	CFD 1,6	CFD 1,5	Эталон
Площадь лепестковой диаграммы	39347,1	39323,1	30330,9	22479,6	33292,0	35133,4	27364,1
Комплексный показатель качества, %	143,8	143,7	110,8	82,1	121,7	128,4	100

зовать картон CFP 2,2 в производстве задников повседневной обуви. Картон данного артикула целесообразно использовать для изготовления задников защитной обуви.

Полученные результаты оценки качества свидетельствуют о том, что наилучшими свойствами обладает картон Lederret 22. Он обладает малой жесткостью, большой прочностью и эластичностью, что определяет его хорошую способность к обработке и формованию, высокие эксплуатационные свойства, а также способствует увеличению срока службы деталей, изготовленных из него. Данный артикул может быть рекомендован для более широкого применения в производстве картонных задников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основные положения Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг. // Министерство экономики Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: http://economy.gov.by/uploads/files/macroprognoz/Osnovnye-polozhenija-proekta-PSER-na-2021-2025.pdf /. – Дата доступа: 31.07.2021.

2. Деркаченко, П. Г., Буркин, А. Н. (2012), Исследование влияния режимов формования на структуру и свойства картонов для задников, *Известия вузов. Технология легкой промышленности*, 2012, № 4, С. 71–74.

3. Еспенко, Ю. А., Томашева, Р. Н., Борисова, Т. М., Горбачик, В. Е. (2012), Комплексное исследование свойств современных стелечных картонов, *Вестник ВГТУ*, 2012, № 22, С. 47–53.

4. Корбут, Р. Н., Томашева, В. Е., Горбачик, В. Н. (2015), Экспертиза качества обувных картонов, *Материалы докладов 48 международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета*, Витебск, 2015, Т. 2, С. 183–185.

5. ГОСТ 9542-89. *Картон обувной и детали из него. Общие технические условия*, Взамен ГОСТ 9542-76; Введ. 1991.-01.-01, Издательство стандартов, Москва, 1989, 15 с.

6. ГОСТ 9186-76. *Картон обувной и детали из него. Правила приемки и методы испытаний*,

REFERENCES

1. Osnovnye polozheniya Programmy social'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Belarus' na 2021–2025 gg. [The main provisions of the Economic Development Program of the Republic of Belarus for 2021-2025] (2021), available at: http://economy.gov.by/uploads/files/macroprognoz/Osnovnye-polozhenija-proekta-PSER-na-2021-2025.pdf (accesed 31 july 2021).

2. Derkachenko, P. G., Burkin, A. N. (2012), Study of the possibilities of molding on the properties and properties of cardboards for stiffeners [Issledovanie vliyaniya rezhimov formovaniya na strukturu i svojstva kartonov dlya zadnikov], *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti – Universities news. Light industry technology*, 2012, No. 4, pp. 71–74.

3. Espenko, Yu. A., Tomasheva, R. N., Borisova, T. M., Gorbachik, V. E. (2012), Comprehensive study of the properties of modern insole cartons [Kompleksnoe issledovanie svojstv sovremennyh stelechnyh kartonov], *Vestnik VGTU – Vestnik of VSTU*, 2012, No. 22, pp. 47–53.

4. Korbut, R. N., Tomasheva, V. E., Gorbachik, V. N. (2015), Examination of the quality of footwear cardboard [Ekspertiza kachestva obuvnyh kartonov], *Materials of reports of the 48th international scientific and technical teachers and students conference, dedicated to the 50th anniversary of the university*, Vitebsk, 2015, T. 2, pp. 183–185.

5. GOST 9542-89. *Shoe cardboard and parts from*

Введ. 1977.-01.-01, Издательство стандартов, Москва, 2002, 7 с.

7. ГОСТ 8972-78. *Кожа искусственная. Методы определения намокаемости и усадки*, Взамен ГОСТ 8972-59, Введ. 1979.-01.-01, Издательство стандартов, Москва, 1998, 6 с.

8. ГОСТ 13525.19-91. *Бумага и картон. Определение влажности. Метод высушивания в сушильном шкафу*, Введ. 1993.-01.-01, Стандартинформ, Москва, 2007, 11 с.

9. ГОСТ 13525.1-79. *Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении*, Введ. 1980.-07.-01, Стандартинформ, Москва, 2007, 6 с.

10. ГОСТ 9187-74. *Картон обувной. Метод определения жесткости и изгибостойкости при статическом изгибе*, Взамен ГОСТ 9187-59, Введ. 1976.-01.-01, Издательство стандартов, Москва, 1987, 5 с.

11. Радюк, А. Н., Козлова, М. А., Буркин, А. Н. (2020), Технология получения материалов для подошв обуви на основе вторичных полиуретанов, *Вестник ВГТУ*, 2020, № 2 (39), С. 68 – 77.

12. Парвицкая, Д. Т., Шустов, Ю. С., Буланов, Я. И., Курденкова, А. В. (2019), Комплексная оценка качества тканей с мембранным покрытием, *Вестник науки и образования*, 2019, № 11-1 (65), С. 18 – 21.

it. General specifications, Instead of GOST 9542-76; Vved. 1991.-01.-01, Izdatel'stvo standartov, Moscow, 1989, 15 p.

6. GOST 9186-76. *Shoe cardboard and parts from it. Acceptance Rules and Test Methods*, Vved. 1977.-01.-01, Izdatel'stvo standartov, Moscow, 2002, 7 p.

7. GOST 8972-78. *Artificial leather. Methods for determining wetness and shrinkage*, Instead of GOST 8972-59, Int. 1979.-01.-01, Izdatel'stvo standartov, Moscow, 1998, 6 p.

8. GOST 13525.19-91. *Paper and cardboard. Definition of r. Drying method in a drying oven*, Vved. 1993.-01.-01, Standardinform, Moscow, 2007, 11 p.

9. GOST 13525.1-79. *Semi-finished fibrous products, paper and cardboard. Tensile Strength and Tensile Elongation Methods*, Vved. 1980.-07.-01, Standardinform, Moscow, 2007, 6 p.

10. GOST 9187-74. *Shoe cardboard. Method for determination of stiffness and bending resistance in static bending*, Instead of GOST 9187-59, Vved. 1976.-01.-01, Izdatel'stvo standartov, Moscow, 1987, 5 p.

11. Radyuk, A. N., Kozlova, M. A., Burkin A. N. (2020), Technology of obtaining materials for shoe soles based on secondary polyurethanes [Tekhnologiya polucheniya materialov dlya podoshv obuvi na osnove vtorichnyh poliuretanov], *Vestnik VGTU – Vestnik of VSTU*, 2020, № 2 (39), pp. 68 – 77.

12. Parvickaja, D. T., Shustov, Ju. S., Bulanov, Ja. I., Kurdenkova, A. V. (2019), Comprehensive assessment of the quality of membrane-coated fabrics [Kompleksnaya ocenka kachestva tkanej s membrannym pokrytiem], *Vestnik nauki i obrazovanija – Bulletin of science and education*, 2019, № 11-1 (65), pp. 18 – 21.

Статья поступила в редакцию 24. 10. 2021 г.

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АНАЛОГА ДВУХСТОРОННЕГО ЧЕТЫРЕХЛИЦЕВОГО СЛУЦКОГО ПОЯСА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НА СОВРЕМЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ

DEVELOPMENT OF A RATIONAL STRUCTURE OF ANALOGUE OF A TWO-SIDED FOUR-FACED SLUTSK BELT FOR PRODUCTION ON MODERN EQUIPMENT

УДК 745.1
https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-25-33

Г.В. Казарновская*, Н.А. Абрамович
Витебский государственный технологический университет

G. Kazarnovskaya*, N. Abramovich
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

СЛУЦКИЕ ПОЯСА, ОПТИМИЗАЦИЯ, СТРОЕНИЕ, ТКАЦКИЕ ЭФФЕКТЫ, ОСНОВНЫЕ И УТОЧНЫЕ НИТИ

Предметом исследования является исторический слуцкий пояс, изготовленный способом ручного ткачества в первой половине XVIII века на слуцкой мануфактуре, и его реконструированная копия. Работа посвящена технологии прокладывания утков в двухстороннем четырехлицевом слуцком поясе при выработке его на современном ткацком оборудовании с целью снижения расхода дорогостоящего сырья: натурального шелка, золотых нитей. Структуру ткани формируют от пяти до шести утков, отличающихся по цвету. Это сопровождается зарабатыванием в средний слой утков, не участвующих в формировании рисунка. Предложено облегчить структуру ткани в бордюре и серединке благодаря новому принципу порядка прокладывания утков, что максимально приблизит современный пояс к историческому, где отсутствовал средний слой.

В результате выполненной работы проведены исследования структуры, разработаны программные продукты, включающие управление работой челночными коробками, технические рисунки, комплекты переплетений. Разработанная технология предполагает прокладывание утков в поясе не по всей его ширине, тем самым повышая производительность труда, уменьшая расходы дорогостоящего сырья: натурального шелка, золотых и серебряных нитей без снижения эстетической ценности пояса.

ABSTRACT

SLUTSK BELTS, RATIONAL STRUCTURE, WEAVING EFFECTS, WARP AND WEFT THREADS

The object of the research is the development of an assortment of analogs of copies of Slutsk belts, produced on modern weaving equipment. The aim of the work is to adapt the hand weaving technique for modern equipment to bring it closer to the historical one, as well as to optimize the structure, i.e. to lighten it in the middle of the belt.

The technological peculiarity of this historical analogue is that the laying of wefts in the middle and in the border is not carried out across the entire width of the belt, as well as the presence of a large number of wefts playing the role of a "broche".

It is proposed to lighten the structure of the fabric in the border and middle and thereby bring the modern belt as close as possible to the historical one, where there was no middle layer, by means of a new principle in the order of laying the wefts.

Research and analysis of the structure of the historical sample of the belt allowed to conclude that it makes sense to lay wefts only on the background areas formed by them: change the wefts in the center of the belt and on the border between the middle and the border. All six shuttles are in operation on the machine: four of which form the color in the middle, two in the border. The ornament in the border is created not by "broche" wefts, as in the historical belt, but by a covering warp of two colors.

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

Целью проведенных исследований является разработка рациональной технологии прокладывания утков в двухстороннем четырехлицевом слуцком поясе при изготовлении его на современном ткацком оборудовании с целью снижения расхода дорогостоящего сырья. Объектом исследования являются двухсторонние четырехлицевые пояса. В двухсторонних четырехлицевых поясах грунтовые утки прокладываются на половине ширины пояса, уток «броше» – на обеих сторонах пояса. Пояс складывается пополам, и каждая из половин используется как лицевая.

В качестве аналога для первого реконструированного образца выбран пояс, сотканный на слуцкой мануфактуре во второй половине XVIII века и хранящийся в музее древнебелорусской культуры ГНУ «Центр исследований белорусской культуры, языка и литературы НАН Беларуси» (рисунок 1) [1].

Из рисунка видно, что в поясе присутствуют грунтовые утки четырех цветов: красного, черного, золотого и оранжевого. В орнаментированной кайме пояса и на его концах используется техника «броше».

На других участках узора утки «броше» выводятся за пределы переплетения пояса, а на их место вводятся два других цвета утка. Причем ширина участков, на которых прокладываются каждые два утка, зависит от характера рисунка узора. Так, в середнике пояса используются четыре основных цвета утка – два утка прокладываются от бордюра до середины пояса, где перехватываются другими двумя утками и выводятся из зева, а те утки, которые их перехватывают, прокладываются от середины пояса до противоположного бордюра. Затем процесс повторяется в обратном направлении. Утки, проложенные в бордюре, перехватываются утками середника пояса.

Рисунок 1 – Фрагменты исторического двухстороннего четырехлицевого слуцкого пояса

При наработке пояса в качестве нитей основы и утка использовался натуральный шелк. Помимо нитей натурального шелка в утке применялись «золотные» нити, то есть нити, содержащие стержневую нить из натурального шелка, обкрученную тончайшей пластинчатой проволокой, почти полностью покрывающей поверхность стержневой (рисунок 2 *а*). Между витками обкруточной пластины могли присутствовать просветы, если цвет стержневой нити отличался от цвета пластины, в узоре ткани создавались различные оттенки. На рисунке 2 *б* приведено изображение обкруточной нити в распрямленном состоянии.

В качестве настилочной основы использованы шелковые нити линейной плотностью 30 ***текс***, в качестве прижимной – 10 ***текс***, в качестве басовых – шелковая пряжа линейной плотностью 65 ***текс***, в качестве утка – шелковые нити линейной плотностью 20 ***текс*** и золотная – линейной плотностью 60 ***текс***.

Пояс состоит из трех слоев в голове пояса: двух внешних, они же являются лицевыми, и среднего, слои сформированы нитями утка. В кайме пояса 5 систем уточных нитей, две из которых в каждом цветовом эффекте являются узорообразующими, то есть выполняют роль «броше», три – формируют средний слой.

Все утки в кайме пояса прокладываются по всей ширине, как и в историческом аналоге, но, в отличие от него, их пять, а в аналоге – два, остальные – броше. Чередование между уточными прокидками 1:1:1:1:1.

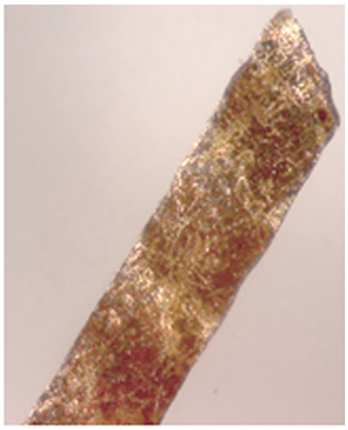
В середнике пояса три системы уточных нитей, одна из которых зарабатывается в пояс на половине его ширины, две – по всей ширине пояса, две уточины одного вида прокладываются в один зев. Чередование между уточными прокидками 2:2:2.

Технология, по которой была реконструирована копия слуцкого пояса на РУП «Слуцкие пояса», предполагает прокладывание утков в голове и середине пояса по всей ширине заправки ткацкого станка, что при наличии в структуре ткани пяти или шести утков (рисунок 3), отличающихся по цвету, сопровождается зарабатыванием в средний слой всех оставшихся, кроме двух, участвующих в формировании рисунка [2].

В машинном ткачестве, в отличие от ручного, прокладывание утка не по всей ширине невозможно. Однако за счет определенного построения переплетений и определенной последовательности хода челноков возможно вытягивание уточин на некоторых участках, что и являлось основным решением для исключения среднего слоя там, где в нем должны были находиться золотная и шелковая нити, не задействованные в формировании рисунка на внешних сторонах.

Реализация проекта по созданию технологии изготовления исторических аналогов слуцких

а



б

Рисунок 2 – Поперечный срез пояса: а – «золотные» нити в утке, б – вид обкруточной нити

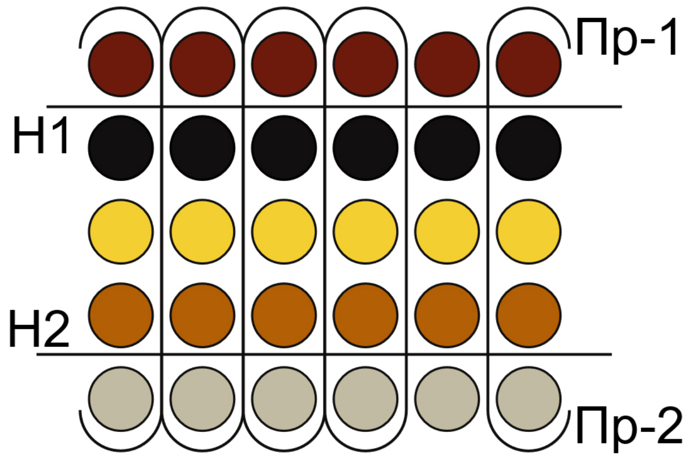


Рисунок 3 – Продольный разрез в кайме пояса, где Пр-1, Пр-2 – прижимные нити основы; Н1, Н2 – настилочные нити основы

поясов на современном ткацком оборудовании невозможна без применения информационных технологий. Ткацкий станок фирмы Mageba (Германия) сконструирован по техническому заданию, разработанному в УО «ВГТУ» и предназначен не только для выработки слуцких поясов и сувенирной продукции, а также технических тканей и тканей медицинского назначения сложных структур. Он оснащен шестичелночным прибором, челноки которого приводятся в движение рапирами. Жаккардовая машина Staubli рассчитана на 5120 крючков, что при небольшой заправочной ширине станка 50 *см* позволяет вырабатывать не только узкие основоуплотненные ткани, но и ткани многократной ширины любого назначения.

Для рационального варианта предложено облегчить структуру ткани в бордюре и серединке благодаря новому принципу порядка прокладывания утков, что максимально приближает современный пояс к историческому, где отсутствовал средний слой из-за возможности применения в ручном ткачестве нитей «броше».

Проведены детальные исследования структуры пояса, позволившие определить число ткацких эффектов, формирующих цветовые эффекты, для каждого из них построены модельные переплетения, являющиеся алгоритмами для создания программного продукта. Предложенная технология предполагает использование в процессе выработки слуцкого пояса элементов ручного ткачества – прокладывание утков не по всей ширине пояса. В результате оптимизации прокладывания шести основных челноков разработан технический рисунок, реализованный в редакторе компьютерной программы, предоставленной фирмой EAT. Разработана схема заправки жаккардовой машины, порядок прокладывания челноков с заменой на определенных участках пояса шпуль с утками разных цветов в челночной коробке, поскольку в поясе восемь утков, а челночных коробок – шесть.

Разработанная технология предполагает прокладывание утков в поясе не по всей его ширине, что исключает использование эффекта «броше» и тем самым повышается производительность труда без снижения эстетической ценности пояса [3–5].

Слуцкие пояса отличаются большей сложностью технологии изготовления, нежели пояса, сотканные на других мануфактурах. Технология ткачества представленного исторического пояса, сотканного на слуцкой мануфактуре, не была воспроизведена ни на одной из других мануфактур [6]. В структуру двухсторонних четырехлицевых поясов входят две системы основных нитей: настилочная и прижимная в соотношении 1:1. Назначение настилочной основы заключается в создании рисунка ткани, хотя сама основа не участвует в образовании узора, располагается в ткани прямолинейно и, не переплетаясь ни с одним из утков, выпускает на внешнюю сторону пояса те утки, которые присутствуют в узоре. Назначение прижимной основы состоит в формировании структуры ткани, для чего она переплетается с утками репсом основным. В ткани – две системы грунтовых утков: верхний и нижний в соотношении 1:1, каждая система уточных нитей двух цветов, то есть в поясе четыре цвета грунтовых утков: черный, бордовый, оранжевый, бежевый.

Технологической особенностью данного исторического аналога является то, что прокладывание грунтовых утков в середнике и в бордюре осуществляется не по всей ширине пояса, а также наличие большого числа утков, выполняющих роль «броше». И только в голове золотые и черные утки прокладываются по всей ширине пояса. В ручном ткачестве такой характер прокладывания уточин представляет особую сложность, в машинном способе его реализовать практически невозможно [7].

Предложено облегчить структуру ткани в бордюре и серединке путем разработанного нового принципа в порядке прокладывания утков (рисунок 4).

Исследования и анализ структуры исторического образца пояса позволил прийти к заключению, что имеет смысл утки прокладывать только на участках фона, ими образованных: смена утков осуществлять по центру пояса и на границе середника и бордюра. В работе на станке находятся все шесть челноков: четыре из которых формируют цвет в середнике, два – в бордюре. Орнамент в бордюре создаётся не утками «броше», как в историческом поясе, а настилочной основой двух цветов.

Для воспроизведения структуры и рисунка слуцкого пояса разработан технический рисунок (сокращенный патрон), в котором заложено более пятидесяти ткацких эффектов. На одной из сторон пояса присутствует восемь цветовых эффектов, на другой – семь. Число ткацких эффектов увеличивается за счет того, что каждому цветовому эффекту на верхней поверхности соответствуют разные цветовые эффекты на нижней. Большое число ткацких эффектов вытекает из сложности структуры слуцких поясов. Наиболее сложным участком в данном поясе является середник. Из технического рисунка (рисунок 5) видно расположение цветовых эффектов в середнике пояса, откуда следует, что черный уток, кроме того, что формирует цвет на половине середника на одной из сторон пояса, он участвует в образовании цвета бордюра на другой его стороне.

Исходя их данной ситуации, уток черного цвета предложено прокладывать по всей ширине заправки станка. По этой же схеме прокладывается и золотой уток, так как он образует зигзаг по ширине пояса и цвет бордюра под черным утком. Бордовый, оранжевый и бежевый утки прокладываются только на половине ширины пояса.

На рисунках 6–7 представлены модельные переплетения и участки пояса с использованием этих переплетений для середника для наработки пояса лицом вниз, что способствует лучшим условиям для нитей основы. Благодаря такому прокладыванию утков структура пояса в

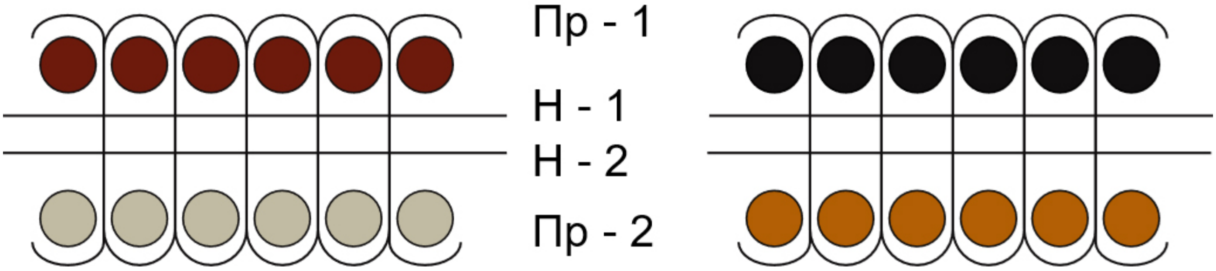


Рисунок 4 – Продольные разрезы для оптимизированного прокладывания утков в поясе

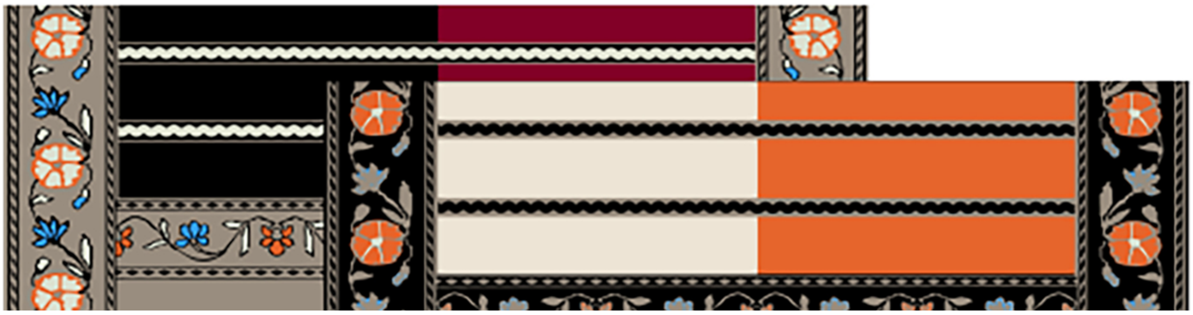


Рисунок 5 – Фрагмент технического рисунка середника

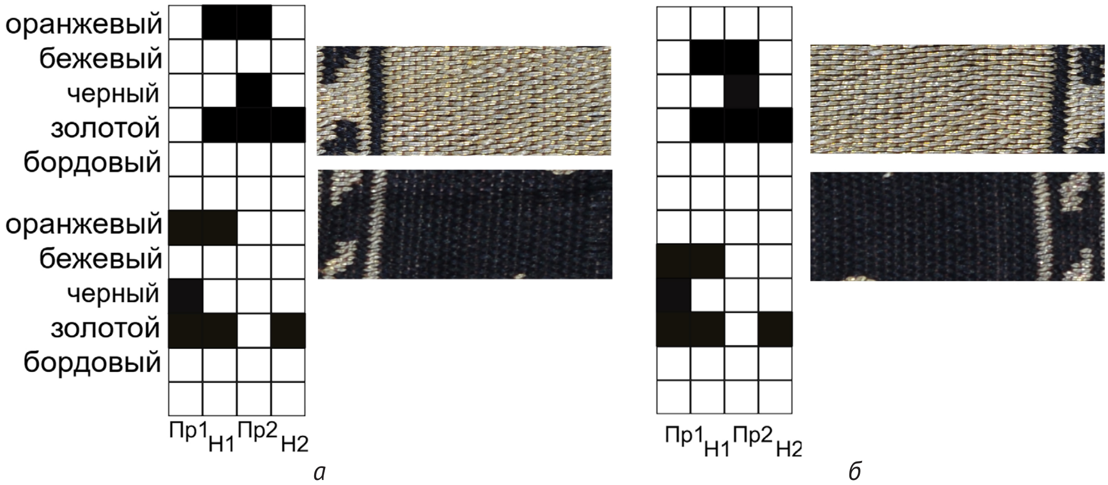


Рисунок 6 – Модельные переплетения. Бордюр: а – левый бордюр: черный – золото, б – правый бордюр: черный – золото

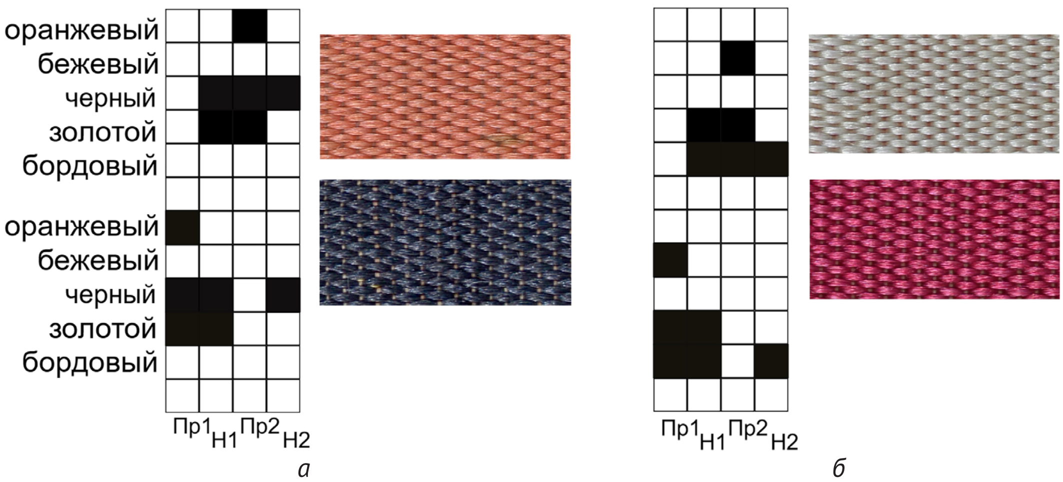


Рисунок 7 – Модельные переплетения. Середник: а – середник: оранжевый – черный, б – середник: бежевый – бордовый череднике и бордюре – трехуточная, а не шести- и пятиуточная, как в голове.

В заправке на станке десять басовых нитей, по две с каждой стороны пояса (1, 2, 9, 10) выполняют роль кромочных, по две на границе бордюра и середника, и две по центру пояса, которые фиксируют прокладываемые утки, переплетаясь с ними полотняным переплетением. Кромочные нити пробираются по одной в отдельные зубья берда, прижимная и настилочная основы – по одной нити в зуб: одна прижимная, одна настилочная. Басовые нити пробираются в отдельные зубья берда вместе с прижимной и настилочной основами, то есть в местах расположения басовых нитей – три нити в зуб берда.

Басовые нити 3, 4, 7, 8 переплетаются с утками внешних сторон пояса полотняным переплетением и тем самым способствуют образованию четкой границы между середником и бордюрами (рисунок 8 *а*). Басовые нити 5, 6 служат для закрепления утков, прикладывающихся на половине ширины пояса, по его середине (рисунок 8 *б*). Басовые нити, как и в историческом варианте, позволили соединить участки, различающиеся по качественному составу уточных нитей и исключить из среднего слоя часть утков.

На определенных участках пояса часть челночных коробок станка отключалась, часть совершала двойной ход, вытягивая за собой незаработанные уточины. Последовательность расстановки шпуль с определенным цветом уточин в челночные коробки составлена таким образом, чтобы уточины, совершая обратный ход, не перекрещивались между собой.

В середнике пояса с полосой, орнаментированной зигзагом, прокладываются уточные нити по всей ширине. Для этого последовательно отключались три челночные коробки.

Чтобы получить все цветовые эффекты в кайме пояса и при этом облегчить структуру и плотность на этом участке, в программном коде отмечены остановами места, на которых необходимо заменить шпулю одну на другую (с другим цветом). Поочередно их меняя, можно снизить число систем утка. Таким образом, в кайме пояса за счет смены цвета нитей утков в челночных коробках присутствует 5 систем уточин вместо 6. Одна челночная коробка на этом участке находилась в отключенном состоянии.

Таким образом, в разработанной структуре дорогостоящее сырье присутствует только на внешних сторонах, не зарабатываясь в среднем слое, что значительно снижает экономические затраты, а также облегчает пояс, приближая его к историческому. Разработанная технология предполагает прокладывание утков в поясе не по всей его ширине, тем самым повышая производительность труда, уменьшая расходы дорогостоящего сырья: натурального шелка, золотых и серебряных нитей без снижения эстетической

а *б*

Рисунок 8 – Соединения басовыми нитями: а – соединение бордюра и середника басовыми нитями, б – соединение утков разного цвета в середине пояса басовыми нитями ценности пояса.

Представляемая технология позволяет воспроизводить слуцкие пояса на современном ткацком оборудовании. Разработаны технологические параметры заправки и изготовления слуцкого пояса на ткацком станке фирмы Mageba, сконструированного с учетом особенностей способов ручного ткачества, использованных в слуцком поясе. Результаты научных исследований являются существенным вкладом в теорию и практику ткачества тканей сложных структур.

Возрождение технологии слуцких поясов, изготовление их копий, использование художественных стилизаций играет значительную роль в современном экономическом пространстве Беларуси, имеет важное значение в представительских целях, в музейной и сценической практике, в расширении ассортимента товаров отечественной легкой промышленности, в туристической сфере, в развитии народных промыслов. Слуцкий пояс становится символом страны наряду с другими национальными достопримечательностями. Разработанная продукция направлена на создание белорусского национального культурного бренда, символа, который можно тиражировать в различных вариациях, параллельно с возрождением аналогов аутентичных слуцких поясов, развивая ассортимент сувенирной продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лазука, Б. А. (2015), *Слуцкие пояса и европейский стиль XVIII столетия*, Минск: Беларусь, 127 с.

2. Казарновская, Г. В., Абрамович, Н. А. (2019), Особенности структуры слуцких и лионских поясов, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2019, № 1 (36), С. 30–38.

3. Жданович, В. И. (2006), *В граде Слуцке: фотоальбом*, Минск, 136 с.

4. Янка Крук (2001), *Символика белорусской народной культуры*, Минск, 430 с.

5. Лазука, Б. А. (2013), *Слуцкие пояса: возрождение традиций,* Минск, 127 с.

6. Караневская, И. М. (2000), Анализ кунтушовых поясов слуцкой мануфактуры, *Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия гуманитарных наук*, 2000, № 1, С. 89–90.

7. Казарновская, Г. В., Абрамович, Н. А. (2017), *Реконструкция слуцких поясов на современном оборудовании: монография*, Витебск, УО

REFERENCES

1. Lazuka, B. A. (2015), *Slutskiye poyasa i yevropeyskiy stil' XVIII stoletiya* [Slutsk Belts and the European Style of the 18th Century], Minsk: Belarus, 127 p.

2. Kazarnovskaya, G. V., Abramovich, N. A. (2019), Features of the structure of Slutsk belts and Lyon belts [Osobennosti struktury slutskikh i lionskikh poyasov], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University,* № 1(36), pp. 30–38.

3. Zhdanovich, V. I. (2006), *V grade Slutske: fotaal'bom* [In the town of Slutsk: fotoalbom], Minsk, 136 p.

4. Janka Crook (2001), *Simvolika bielaruskaj narodnaj kulťury* [Symbolism Belarusian folk culture], Minsk, 430.

5. Lazuka, B. A. (2013), *Slutskiye poyasa: vozrozhdeniye traditsiy* [Slutsk belts: revival of traditions], Minsk, 127 p.

6. Karanevskaya, I. M. (2000), *Analysis of the kuntush belts of the Slutsk manufactory* [Analiz

«ВГТУ», 2017, 163 с.

kuntushovykh poyasov slutskoy manufaktury], *News of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Humanities*, 2000, № 1, pp. 89–90.

7. Kazarnovskaya, G., Abramovich, N. (2017), *Reconstruction of Slutsk belts using modern equipment: monograph* [Rekonstruktsiya slutskikh poyasov na sovremennom oborudovanii: monografiya], Vitebsk, EI "VSTU", 163 p.

Статья поступила в редакцию 14. 10. 2021 г.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОСТЮМНЫХ ЖАККАРДОВЫХ ТКАНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМЕШАННОЙ ПРОБОРКИ

TECHNOLOGY FOR PRODUCING JACQUARD SUITING MATERIAL USING A MIXED HARNESS TIES

УДК 677.074.1

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

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-34-42

K. Mileeva*, G. Kazarnovskaya
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

СКАТЕРТНОЕ ПОЛОТНО, КОСТЮМНАЯ ТКАНЬ, СМЕШАННАЯ ПРОБОРКА, ПЕРЕПЛЕТЕНИЕ, РАППОРТ УЗОРА

Статья посвящена расширению ассортимента костюмных льняных тканей в условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат». В работе решены задачи по созданию технологии получения костюмных жаккардовых тканей с использованием смешанной проборки аркатных шнуров в кассейную доску, предназначенной для выработки скатертных полотен с каймовым рисунком на ткацком станке с гибкими рапирами OptiMax-4 фирмы Picanol и жаккардовой машиной Bonas. Определены рациональные размеры раппорта узора по основе, композиционные особенности рисунка, виды рисунков переплетений, позволяющие исключить наличие брака на стыке обратной и рядовой проборок. Разработаны рекомендации по корректировке числа нитей основы в заправке ткацкого станка. В результате проделанной работы созданы костюмные ткани на базе технологии, включающей заправку ткацкого станка для выработки жаккардовых скатертных полотен с каймовым рисунком, определены виды и методика построения переплетений, позволяющие получать ткани высокого художественно-колористического оформления и качества.

ABSTRACT

TABLECLOTH FABRIC, SUITING MATERIAL, MIXED HARNESS TIES, CONSTRUCTION, PATTERN REPEAT

The paper solves the problems of creating a technology for producing costume jacquard fabrics using a mixed harness ties of arched cords into a kossein board, designed to produce tablecloth cloths with a border pattern on the OptiMax-4 loom of the Picanol company with a Bonas jacquard machine in the conditions of the Orsha Flax Processing Plant. The rational dimensions of the pattern rapport on the basis, the compositional features of the pattern, the types of patterns of interlacing are determined, allowing to exclude the presence of spoilage at the junction of the reverse and ordinary harness ties. Recommendations have been developed for adjusting the number of warp threads in the filling of the loom. As a result of the work done, costume fabrics were created on the basis of technology including filling of a loom for the production of jacquard tablecloths with a border pattern, the types and methods of constructing weaves were determined, allowing to obtain fabrics of high artistic and coloristic design and quality.

В настоящее время наметилась тенденция к сокращению использования в повседневной жизни для сервировки обеденных столов тканых скатертных комплектов, поэтому данный ассортимент становится не актуальным для текстильных предприятий, что влечет простои дорогостоящего оборудования и снижение производительности всего технологического процесса ткачества [1–3].

Целью работы является создание технологии

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

получения костюмных льносодержащих тканей с учетом особенностей заправки ткацких станков с жаккардовой машиной, предназначенных для выработки скатертных полотен с каймовым рисунком в условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат».

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

– обоснован выбор рациональных размеров раппорта узора по основе и характер рисунка жаккардовых костюмных тканей;

– унифицирована заправка жаккардовой машины для выработки костюмных тканей с использованием смешанной проборки аркатных шнуров в кассейную доску;

– установлены переплетения, которые возможно использовать в местах стыка обратной и рядовой проборок для предотвращения сбоя рисунка по ширине заправки ткацкого станка;

– наработана однослойная жаккардовая ткань костюмного назначения, производство которой позволяет исключить простои оборудования при отсутствии заказов на скатертные полотна.

Перезаправка жаккардовых машин на новый ассортимент тканей требует дорогостоящих финансовых вложений. Для выработки скатертей с симметричным каймовым рисунком на РУПТП «Оршанский льнокомбинат» используется смешанная проборка аркатных шнуров в кассейную доску: в центре – рядовая четырехчастная, в кайме – обратная одночастная (рисунок 1) [4].

Размеры каждой из частей: в середине – 25 *см*, в кайме – 53,8 *см*: по 26,9 *см* с каждой стороны.

Исходя из существующей заправки, особое внимание уделяется размерам раппорта узора и его согласованности с размерами частей.

Раппорт размером, равным одной части середины (25 *см*), является крупным и требует подгонки рисунка при проектировании раскладки лекал [5–7]. Более рациональными являются раппорты, размеры которых меньше или кратны 25 *см*. Предложены следующие размеры раппорта узора по основе: 2,5 *см*, 5,0 *см*, 6,25 *см*, 12,5 *см*. У правой и левой кромок ткани в этом случае располагается часть раппорта размером 1,9 *см* каждая. Использование других размеров раппорта возможно, но при этом необходимо учитывать, чтобы размеры раппорта по основе в нитях целое число раз укладывались в одной части заправки станка.

Существующая заправка вносит коррективы и в характер рисунка: при наличии в одной из частей обратной одночастной проборки аркатных шнуров в кассейную доску рисунок должен иметь в обязательном порядке ось симметрии по основе. В противном случае его направление в

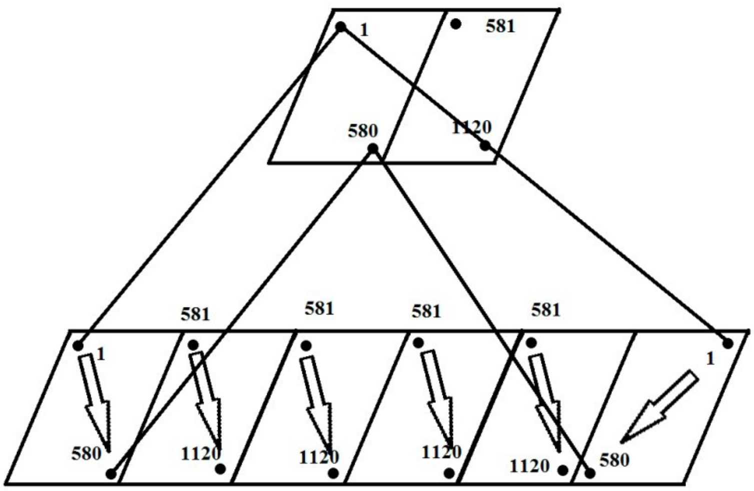
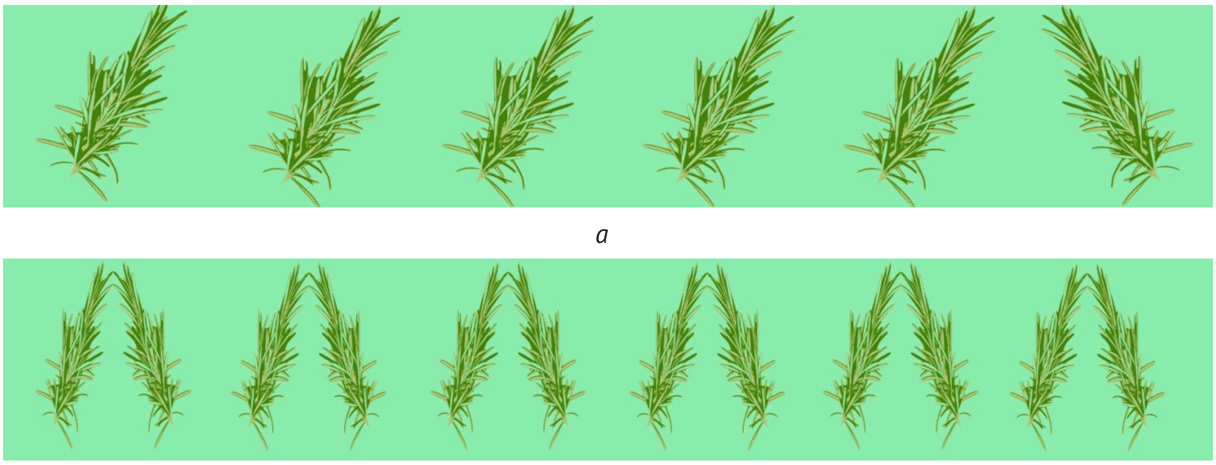


Рисунок 1 – Схема заправки жаккардовой машины одном из краев ткани на ширине размером 26,9 ***см*** будет противоположным (рисунок 2). При этом узор в каждой части необходимо располагать таким образом, чтобы между рядом находящимися элементами узора находились фоновые нити основы в количестве не менее двух. Это условие должно быть выполнено для того, чтобы в элементах узора возможно было использовать переплетение разного вида.

Особое внимание при разработке переплетений для фона и узора следует уделять их виду. В результате анализа существующих переплетений установлено, что в местах стыка двух частей, принадлежащих разным заправкам: рядовой и обратной, – может происходить сбой рисунка. Поэтому переплетения, рисунок которых характеризуется направленным расположением основных и уточных перекрытий, применять не целесообразно. В качестве примера показано расположение перекрытий на границе двух проборок при использовании сатина с раппортом по основе и утку Ro = Ry = 5 и горизонтальным сдвигом Sy = 2 (рисунок 3).



а

б

Рисунок 2 – Схема расположения рисунков в ткани: несимметричного (а) и с осью симметрии по основе (б)

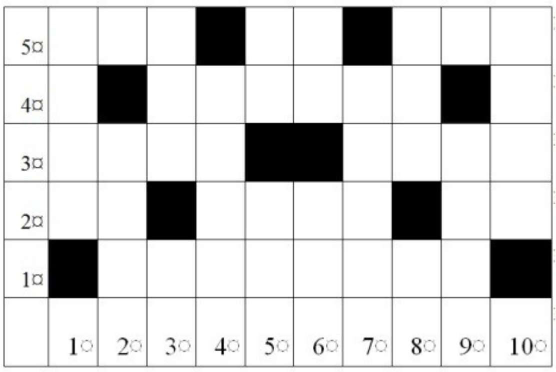


Рисунок 3 – Сбой переплетения (5-я и 6-я нити) и изменение направления в расположении одиночных основных перекрытий

Наиболее распространёнными в фоне ткани являются полотняное переплетение и его производные, но даже при использовании полотняного переплетения происходит сбой рисунка (рисунок 4 *а*). Для предотвращения вышеуказанного предложено на границе середины и каймы удалять из заправки одну нить основы (рисунок 4 *б*), на данном рисунке – третью, которая пробирается в галево первого аркатного шнура обратной проборки.

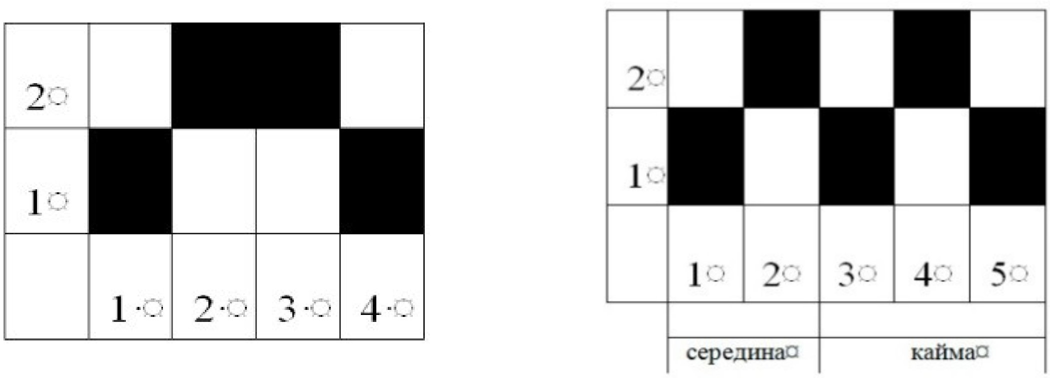
Отсутствие одной нити основы не сказывается на внешнем виде ткани, тем более, что нарушения в порядке расположения перекрытий не происходит. Если же в качестве переплетения применять производные полотняного: уточные репсы или рогожки, необходимо учитывать горизонтальный сдвиг, и на это число нитей основы уменьшать их общее количество в заправке. В этом случае для исключения разряженных участков в ткани вдоль основы следует перебрать основу в зуб берда на ширине, равной кайме, то есть на 26,9 $\boldsymbol{см}$.

Целесообразно для разработки ассортимента костюмных тканей использовать креповые переплетения, которые относятся к классу комбинированных и само предназначение которых состоит в нарушении закономерности в расположении перекрытий базовых переплетений [8–9]. И это в полной мере отвечает условиям, определенным смешанной заправкой аркатных шнуров в кассейную доску. В работе для создания костюмной ткани предложен мотив узора в виде клетки, размеры раппорта которого приняты 2,5x2,5 $\boldsymbol{см}$, исходя из плотности по основе и по утку раппорт узора по основе $\boldsymbol{R}_{уз.о.}$ составил 54 нити, раппорт узора по утку $\boldsymbol{R}_{уз.у.}$ – 34 нити.

Клетка построена на четырех элементах, в диаметрально противоположных частях которой размещены тождественные переплетения. На рисунке 5 представлены модельные креповые переплетения, построенные негативным методом на базе полотняного переплетения, раппорт по основе которых $\boldsymbol{Ro}$ = 27 нитей, раппорт по утку $\boldsymbol{Ry}$ = 17 нитей.

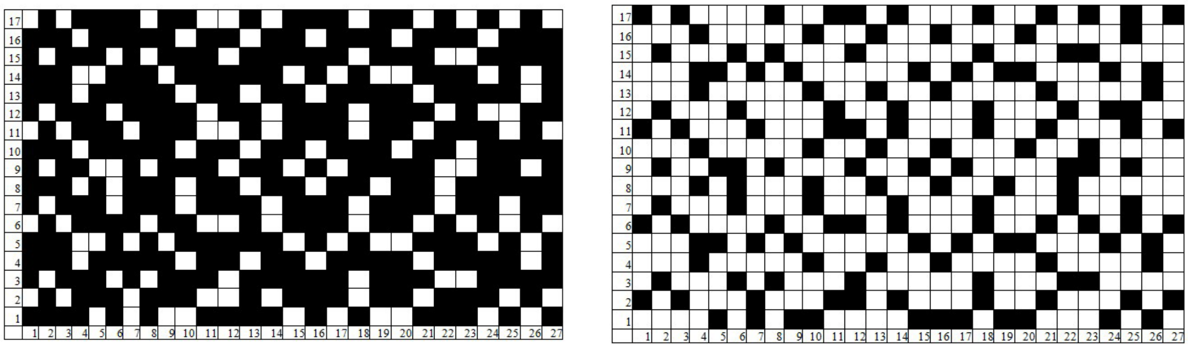
Мотив клетки (рисунок 6 *а*) иллюстрирует стык рядовой и обратной проборок, в этом случае получаем сбой ритма клетки, а именно увеличение и основного, и уточного эффектов по направлению утка (рисунок 6 *б*). Для предотвращения данного сбоя предлагается начинать построение клетки не с начала мотива узора, а с нити, являющейся серединой первого элемента клетки (рисунок 6 *в*), тогда на стыке обратной и рядовой проборок (рисунок 6 *г*) не происходит сбоя мотива узора. Предлагается формула для расчета первой нити мотива узора ($\boldsymbol{n_1}$), с которой необходимо начинать его построение:

$$n_1 = \frac{n_o}{2} \quad , \qquad (1)$$



а *б*

Рисунок 4 – Полотняное переплетение без удаления (а) и с удалением (б) одной нити основы из заправки станка



а *б*

Рисунок 5 – Модельные креповые переплетения, построенные негативным способом: с основным эффектом (а), с уточным эффектом (б)

где $\boldsymbol{n_o}$ – число нитей основы одного элемента клетки:

$$n_o = k * R_о \ , \tag{2}$$

где $\boldsymbol{k}$ – число повторений модельного переплетения в мотиве узора клетки.

При определении $\boldsymbol{n_1}$ полученное частное округляется до большего целого числа.

Для проектируемой клетки $\boldsymbol{n_o}$ = 1 ∗ 27 = 27 нитей, что соответствует половине раппорта узора по основе, тогда $\boldsymbol{n_1}$ = 27/2 = 13,5, принимаем $\boldsymbol{n_1}$ = 14 нитей, то есть первой нитью будет 14-я нить мотива узора клетки. Моделирование внешнего вида мотива узора на стыке обратной и рядовой проборок [10] представлено на рисунке

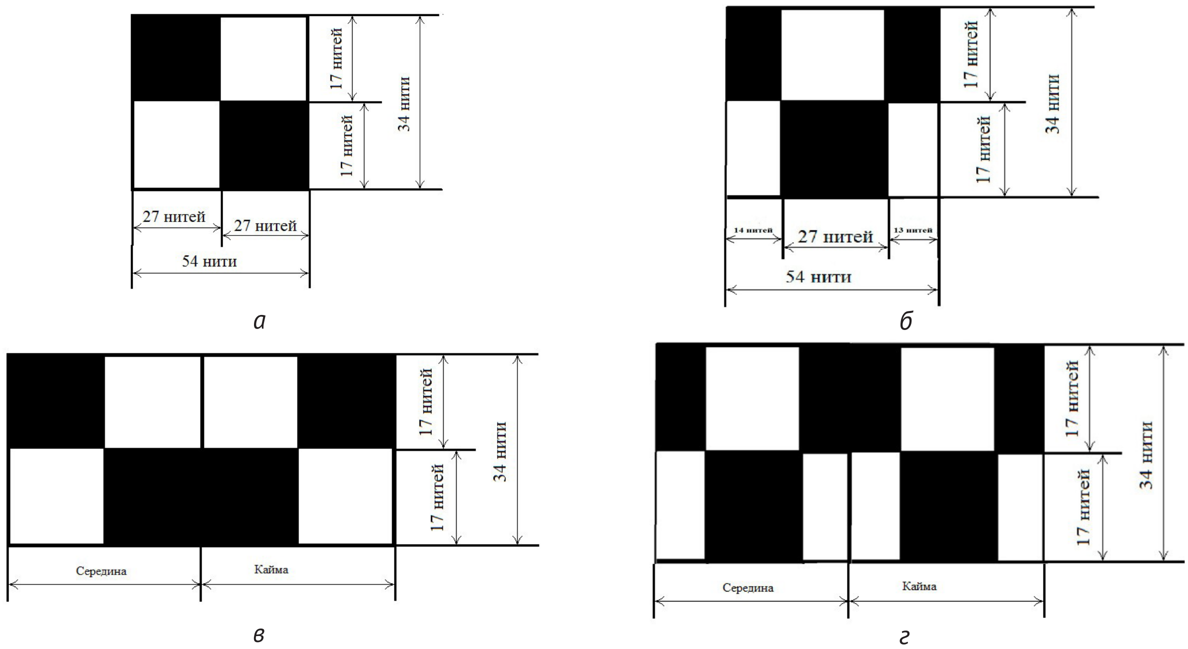


Рисунок 6 – Мотив узора клетки с противоположными эффектами без смещения (а) и со смещением (б); моделирование клетки на стыке рядовой и обратной проборок без смещения (в) и со смещением (г)

6 *г*. В каждой середине и кайме клетка повторяется 10 раз, у правой и левой кромок – половина клетки, что не влияет на дополнительный расход ткани при раскрое.

Патронирование ткани в клетку производилось развернутым способом, то есть с нанесением переплетений (рисунок 7).

Для предотвращения сбоя рисунка в костюмных тканях в клетку на ткацком станке со смешанной проборкой аркатных шнуров в кассейную доску разработана методика, позволяющая исключить появление брака в ткани на стыках разных проборок.

Сущность предложенной методики заключается в следующем:

– выбирается размер раппорта узора по основе в сантиметрах и в нитях, который должен быть кратен числу нитей основы в заправке, где использована рядовая проборка;

– осуществляется проектирование рисунка с учетом особенностей заправки станка, он должен иметь ось симметрии по основе;

– производится выбор и проектирование переплетений фона и элементов рисунка, после чего выполняется корректировка числа нитей основы в заправке станка;

– производится расчет нити основы, с которой необходимо строить мотив узора клетки для предотвращения его сбоя.

В условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» на ткацком станке с гибкими рапирами OptiMax-4 фирмы Picanol и жаккардовой машиной Bonas наработан образец костюмной ткани с использованием в основе суровой хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 50 ***текс***, в утке – крашеной высокольняной пряжи мокрого прядения линейной плотности 56 ***текс***.

Физико-механические свойства костюмной ткани [11–12] приведены в таблице 1. Ткань соответствует ТУ BY 300051814.020-19 «Ткани льняные, содержащие по массе не менее 85 % льна, для текстильных изделий бытового назначения».

По физико-механическим показателям ткань соответствует техническим условиям для тканей костюмного назначения, утвержденным на РУПТП «Оршанский льнокомбинат».

ВЫВОДЫ

1. Разработана технология получения костюмных тканей с использованием смешанной проборки аркатных шнуров в кассейную доску, в результате чего получена однослойная жаккардовая ткань высокого качества, наработка которой позволила избежать простоев производства при отсутствии заказов на скатертные полотна.

2. Установлены рациональные размеры раппорта узора по основе, его композиционные особенности для расширения ассортимента тканей, вырабатываемых на ткацком оборудовании, предназначенном для выработки скатертных полотен с каймовым рисунком, без дополнительных затрат на его перезаправку и оснащение.

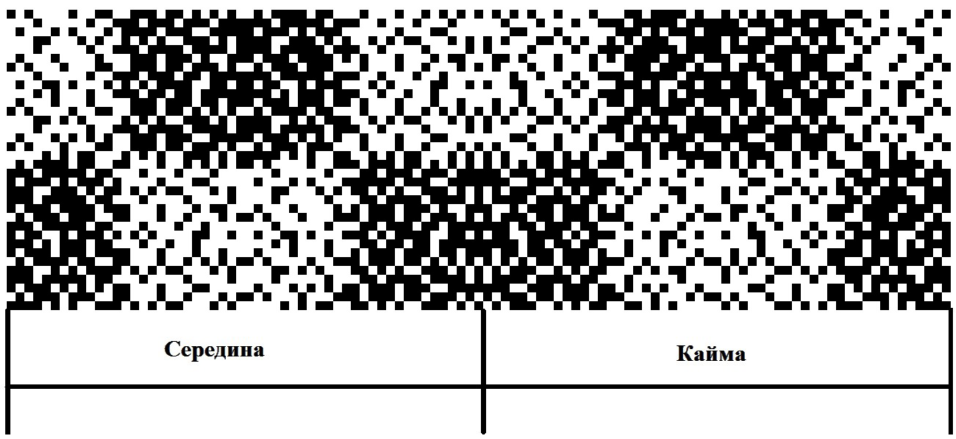


Рисунок 7 – Развернутый патрон жаккардовой ткани с удалением одной нити основы из заправки станка

Таблица 1 – Физико-механические свойства готовой костюмной ткани

Показатель	Факт	Норма
Ширина, $см$	158,6	
Число нитей на 10 $см$ основа уток	 214,0 136,0	
Разрывная нагрузка, $Н$ основа уток	 557,0 281,0	 98,0 98,0
Поверхностная плотность, $г/м^2$	191,8	150–300
Стойкость к истиранию, $т/ц$	3,3	1,0
Воздухопроницаемость, $дм^3/м^2с$	266,0	50,0
Притяжка, %	-4,3	
Изменение размеров после мокрой обработки, % основа уток	 -2,1 +0,2	не более +3 +4
Гигроскопичность, %	13,6	не менее 2
Устойчивость окраски к стирке при 40 град, $балл$	5,0/5,0/5,0	не менее 4/4/4
Устойчивость окраски к поту, $балл$	5,0/5,0/5,0	не менее 4/4/4
Устойчивость окраски к сухому трению, $балл$	5,0	не менее 3
Количество свободного формальдегида, $мкг/г$	отсутствует	не более 300

3. Создана методика перестроения жаккардового рисунка в клетку для предотвращения его сбоя на стыке частей, принадлежащих разным видам проборок.

4. Определен круг однослойных переплетений, позволяющих получать ткани высокого художественно-колористического оформления и качества, наработана однослойная жаккардовая ткань костюмного назначения, которая соответствует модным тенденциям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Главные тренды сервировки стола — 2021 на каждый день: простые идеи из Instagram [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.inmyroom.ru/posts/34121-glavnye-trendy-servirovki-stola-2021-na-kazhdyj-den-prostye-idei-iz-instagram, дата доступа: 15.09.2021.

2. Технология сервировки стола к обеду – Проявляем заботу о родных и близких [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://modernplace.

REFERENCES

1. Glavnye trendy servirovki stola — 2021 na kazhdyj den': prostye idei iz Instagram [The main trends of table setting – 2021 for every day: simple ideas from Instagram], (2021), available at: https://www.inmyroom.ru/posts/34121-glavnye-trendy-servirovki-stola-2021-na-kazhdyj-den-prostye-idei-iz-instagram (accesed 15 september 2021).

2. Tekhnologiya servirovki stola k obedu –Proyavlyaem zabotu o rodnyh i blizkih [Technology

ru/servirovka-stola-k-obedu/#i, дата доступа: 13.09.2021.

3. Сервировка стола к обеду: основные правила [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wlooks.ru/etiket/servirovka-stola/k-obedu/, дата доступа: 15.09.2021.
4. Дзембак, Н. М. (2008), *Конструирование жаккардовых тканей: учебное пособие*, Санкт-Петербург: СПГХПА им. А. Л. Штиглица, 104 с.
5. Артемкина, О. Д., Зимина, Е. Л. (2018), Оценка экономичности модели на этапе проектирования коллекции, *Материалы докладов 51-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной Году науки*, 2018, Т. 2, С. 129–132.
6. Отраслевые нормы расхода основных и вспомогательных материалов на бытовые швейные изделия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cniishp.ru/dokumenty/normirovanie-materialov, дата доступа: 23.09.2021.
7. Emilie Capelle, Pierre Ouagne, Damien Soulat, Davy Duriatti (2014), Complex shape forming of flax woven fabrics: Design of specific blank-holder shapes to prevent defects, *Composites Part B: Engineering*, Volume 62, June 2014, P. 29–36.
8. Толубеева, Г. И. (2013), *Способ получения тканей креповых переплетений:* пат. RU 243.0002478741, опубл. 10.04.2013.
9. Малецкая, С. В. (2009), *Способ получения тканей креповых переплетений*: пат RU 280.02374368, опубл. 27.11.2009.
10. Zhi Yang, Yanan Jiao, Junbo Xie, Li Chen, Wei Jiao, Xiaohuan Li, Mengdie Zhu, (2021), Modeling of 3D woven fibre structures by numerical simulation of the weaving process, *Composites Science and Technology*, Volume 206, 12 April 2021, 108679.

of Table setting for lunch – We take care of relatives and friends], (2021), available at: https://modernplace.ru/servirovka-stola-k-obedu/#i (accesed 13 september 2021).

3. Servirovka stola k obedu: osnovnye pravila [Table setting for lunch: basic rules], (2021), available at: https://wlooks.ru/etiket/servirovka-stola/k-obedu/ (accesed 15 september 2021).
4. Dzembak, N. M. (2008), *Konstruirovanie zhakkardovyh tkanej: uchebnoe posobie* [The design of jacquard fabrics: textbook], St. Petersburg: A. L. Stiglitz SPGHPA, 104 p.
5. Artemkina, O. D., Zimina, E. L. (2018), *Assessment of the cost-effectiveness of the model at the design stage of the collection* [Ocenka ekonomichnosti modeli na etape proektirovaniya kollekcii], *Materials of reports of the 51st International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students dedicated to the Year of Science*, 2018, Vol. 2, pp. 129–132.
6. Otraslevye normy raskhoda osnovnyh i vspomogatel'nyh materialov na bytovye shvejnye izdeliya [Industry norms of consumption of basic and auxiliary materials for household sewing products], (2021), available at: https://cniishp.ru/dokumenty/normirovanie-materialov (accesed 23 september 2021).
7. Emilie Capelle, Pierre Ouagne, Damien Soulat, Davy Duriatti (2014), Complex shape forming of flax woven fabrics: Design of specific blank-holder shapes to prevent defects, *Composites Part B: Engineering*, Volume 62, June 2014, P. 29–36.
8. Tolubeeva, G. I. (2013), *Sposob polucheniya tkanej krepovyh perepletenij* [Method of obtaining crepe weave fabrics]: pat RU 243.0002478741, publ. 10.04.2013.
9. Maletskaya, S. V. (2009), *Sposob polucheniya tkanej krepovyh perepletenij* [Method of obtaining crepe weave fabrics]: pat RU 280.02374368,

11. N. A. Ibrahim, M. E. M. El-Zairy, B. M. Eid, E. Emam, S. R. Barkat (2017), A new approach for imparting durable multifunctional properties to linen-containing fabrics, *Carbohydrate Polymers*, Volume 157, 10 February 2017, Pages 1085–1093.

12. Henry Y. T. Ngan, Grantham K. H. Pang, S. P. Yung, Michael K. Ng. (2005), Wavelet based methods on patterned fabric defect detection, *Pattern Recognition*, Volume 38, Issue 4, April 2005, Pages 559–576.

publ. 27.11.2009.

10. Zhi Yang, Yanan Jiao, Junbo Xie, Li Chen, Wei Jiao, Xiaohuan Li, Mengdie Zhu, (2021), Modeling of 3D woven fibre structures by numerical simulation of the weaving process Composites Science and Technology, Volume 206, 12 April 2021, 108679.

11. N. A. Ibrahim, M. E. M. El-Zairy, B. M. Eid, E. Emam, S. R. Barkat (2017), A new approach for imparting durable multifunctional properties to linen-containing fabrics, *Carbohydrate Polymers*, Volume 157, 10 February 2017, Pages 1085–1093.

12. Henry Y. T. Ngan, Grantham K. H. Pang, S. P. Yung, Michael K. Ng. (2005), Wavelet based methods on patterned fabric defect detection, *Pattern Recognition*, Volume 38, Issue 4, April 2005, Pages 559–576.

Статья поступила в редакцию 11. 10. 2021 г.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

METHOD FOR DETERMINING THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF NONWOVENS

УДК 677.08

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-43-50

В.И. Ольшанский, В.Г. Мульц*, Е.Л. Зимина
Витебский государственный технологический университет

V. Alshanski, U. Mults*, E. Zimina
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ, ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ, ТЕМП НАГРЕВА, ТЕПЛОВОЙ ПОТОК, НЕТКАНЫЙ МАТЕРИАЛ, СТАЦИОНАРНЫЙ МЕТОД

Целью работы является разработка метода для определения основных теплофизических свойств нетканых материалов.

Предложена методика нахождения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности нетканых полотен, произведенных из отходов текстильного производства.

В статье произведены экспериментальные исследования и установлены зависимости изменения теплофизических свойств нетканых материалов в условиях воздействия на них стационарного теплового потока.

Разработанная установка и методика позволяют оперативно определять теплофизические свойства фольгированных нетканых материалов, в сравнении с материалами, не имеющими защитного покрытия в виде алюминиевой фольги.

ABSTRACT

THERMAL CONDUCTIVITY, HEAT TRANSFER, HEATING RATE, HEAT FLOW, NONWOVEN FABRIC, STATIONARY METHOD

The object of the study is a multilayer foiled material obtained from the waste of the textile industry.

The aim of the work is to develop a method for determining the basic thermophysical properties of nonwovens.

A method for finding the coefficients of thermal conductivity and thermal conductivity of non-woven fabrics made from textile waste is proposed.

The article, describes experimental studies and discusses the dependences of changes in the thermophysical properties of nonwovens under the influence of a stationary heat flow on them.

The developed installation and methodology allow us to quickly determine the thermophysical properties of foiled nonwovens, in comparison with materials that do not have a protective coating in the form of aluminum foil.

ВВЕДЕНИЕ

На предприятиях легкой текстильной промышленности Республики Беларусь значительную часть материала составляют различного рода текстильные отходы, обладающие низким коэффициентом теплопроводности, что является определяющим фактором для использования их в качестве теплоизоляционных материалов.

Вторичные материальные ресурсы являются значительной сырьевой базой для производства нетканых материалов. К ним относятся отходы производства отраслей легкой промышленности, отходы производства химических волокон и отходы потребления. Нетканые материалы производятся из широкого ассортимента сырья [1].

Источником сырья для производства нетканых материалов в мировом производстве являются: полимеры и их производимые (в виде гранулята, крошки и т. п.) – 44 %, синтетические волокна – 47 %, целлюлоза (древесная пульпа) – 7 %, остальное – 2 %. Из химических волокон наиболее часто используют полиэфирные (37 %),

* E-mail: *vladmulc@gmail.com* (U. Mults)

полипропиленовые (36 %), вискозные (20 %), бикомпонентные (6 %), остальные (1 %).

Одним из методов изготовления нетканых полотен является переработка текстильных отходов производства. Предприятие ООО «АКОТЕРМ ФЛАКС» занимается производством нетканых текстильных материалов теплоизоляционного назначения [2].

Технологический процесс изготовления нетканых полотен на предприятии осуществляется следующим образом: подготовка сырья (рыхление, очистка от примесей и смешивание волокна, регенерированного из лоскута и тряпья из использованной одежды военного назначения, с добавлением в смесь до 40 % полиэфирного волокна); формирование волокнистой основы с помощью системы валков; скрепления волокнистой основы (непосредственно получения нетканого материала); отделка нетканого материала фольгой или бумагой. Для получения нетканого полотна используется метод термического скрепления – в этом методе используются термопластичные свойства полиэфирного волокна, которые обеспечивают надежное скрепление материала [3].

На данном предприятии имеется необходимость в проведении сравнительного анализа теплофизических свойств фольгированных нетканых материалов, в сравнении с материалами, не имеющими защитного покрытия в виде алюминиевой фольги. Полученные данные позволят определить эффективность применения защитного слоя, а также расширить сферу применения нетканых материалов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является разработка метода для определения основных теплофизических свойств нетканых материалов.

ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Теплоизоляционные материалы должны обладать высоким термическим сопротивлением, низкой тепло- и температуропроводностью, для чего требуются определенные методики их измерения.

Полученные данные должны обеспечивать достаточно высокую точность измерений при минимальных временных затратах.

В настоящий момент используется ряд методов определения теплопроводности материалов:

– метод определения цилиндрическим зонтом (ГОСТ 30256-94);

– метод определения поверхностным преобразователем (ГОСТ 30290-94);

– метод выполнения измерений теплопроводности диэлькометрическим методом (ГОСТ 8621-2006);

– стационарный метод плоского слоя и метод труб.

Методы, основанные на измерении стационарной теплопроводности, делятся на две группы.

Первая группа методов позволяет проводить измерения в широком диапазоне температур и получать точные значения. Недостатком данного метода является большая продолжительность опыта.

Вторая группа позволяет проводить эксперимент в течение нескольких минут (до 1 $\boldsymbol{ч}$), но метод ограничен измерением теплопроводности при сравнительно низких температурах.

Проведя анализ рассмотренных методов измерения теплопроводности, для проведения эксперимента был выбран стационарный метод теплового потока, обеспечивающих достаточную точность получаемых данных и не требующих больших временных затрат.

Метод стационарного теплового потока является технологически простым методом исследования температурной зависимости коэффициента теплопроводности пластин любого типа проводимости.Метод основан на пропускании теплового потока через исследуемый образец [4].

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Исследуемые нетканые материалы могут иметь толщину от 10 $\boldsymbol{мм}$ до 50 $\boldsymbol{мм}$. Поэтому для определения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности была разработана новая экспериментальная установка, имеющая ограничение по толщине исследуемого материала от 1 $\boldsymbol{мм}$ до 50 $\boldsymbol{мм}$. Структурная схема опытной установки представлена на рисунке 1.

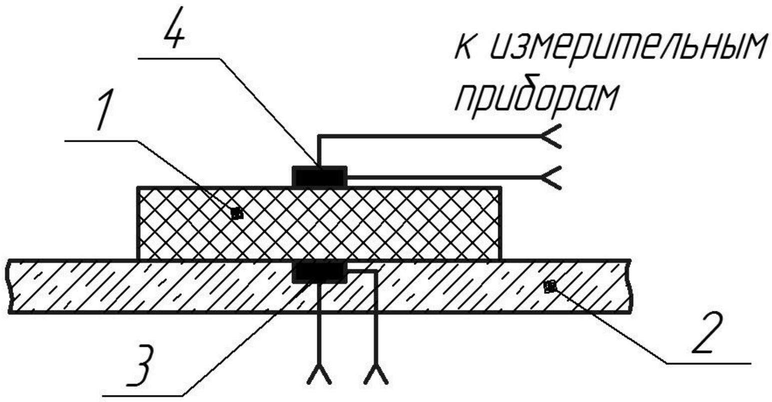


Рисунок 1 – Структурная схема опытной установки

Исследуемый образец 1 имеет форму прямоугольной пластины. Температурный нагрев производится с помощью нагревательного стола 2. Нагревательный стол состоит из блоков параллельно соединенных керамических резисторов. Номинальное напряжение питания нагревательного стола 12 ***В***. Встроенный датчик измерения температуры 3 позволяет удерживать мощность теплового потока в заданных пределах. Для удобства расчетов мощность теплового потока устанавливается. Значение температуры с наружной поверхности образца определяется с помощью термопары 4. Фиксация значения температуры происходит через каждые 60 ***с***. Среднее время проведения эксперимента составляет 30 ***мин***. Образец исследуемого материала должен плотно прилегать к нагревательному элементу во избежание ошибок контактного сопротивления.

Принимаем, что температура t поверхности во всех точках одинакова или незначительно изменяется. Исследуемые образцы имеют форму пластины, следовательно, можно ограничиться расчетом одномерной задачи теплопроводности для плоской стенки.

Любой процесс нагревания или охлаждения тела можно условно разделить на три стадии. Первая стадия охватывает начало процесса. Скорость изменения температуры в отдельных точках тела при этом различна, и поле температур зависит от начального состояния тела. Первая стадия, характеризующая начальное развитие теплового процесса, называется неупорядоченной стадией процесса охлаждения (нагревания).

С течением времени начальные условия сказываются незначительно и относительная скорость изменения температуры во всех точках тела становится постоянной. Этот период охлаждения называют регулярным режимом. По истечении достаточно большого промежутка времени наступает третий – стационарный режим с постоянным распределением температуры тела во времени.

Коэффициент теплопроводности находится из соотношения [5]:

$$\lambda = \frac{Q}{t_{c1} - t_{c2}} K \ , \tag{1}$$

где Q – тепловой поток, ***Вт***; t_{c1}, t_{c2} – соответственно температура нижнего и верхнего слоя материала, $^{\circ}C$; K – коэффициент формы исследуемого материала, для неограниченного плоского тела рассчитывается по формуле [4]:

$$K = \frac{\delta}{F_p} \ , \tag{2}$$

где δ – толщина плоского слоя, ***м***; F_p – расчетная площадь поверхности, нормальной к направлению теплового потока, ***м***^{2}.

Для регулярного режима, теория которого разработана Г. М. Кондратьевым, температура тела во времени изменяется по экспоненциальному закону [5]:

$$\vartheta = Ae^{-m\tau} \quad , \tag{3}$$

где ϑ – избыточная температура: $\vartheta = |t_ж - t|$, t, $t_ж$ – соответственно температура тела и окружающей среды; m – темп нагрева; τ – время; A – константа.

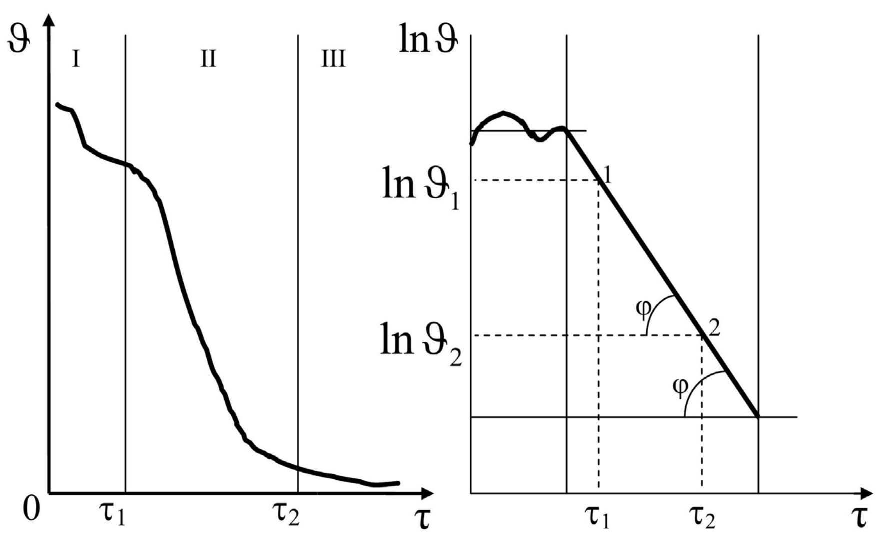
Величина m характеризует интенсивность охлаждения (нагревания) тела, то есть скорость изменения температуры тела в данной точке, и называется темпом охлаждения или нагревания. Темп охлаждения зависит от формы и размеров тела, его физических свойств (коэффициента теплопроводности, теплоемкости, плотности) и от граничных условий, характеризуемых коэффициентом теплоотдачи.

График изменения избыточной температуры тела во времени приведен на рисунке 2 *а*. В полулогарифмических координатах он изображен на рисунке 2 *б*.

Наступление регулярного режима характеризуется тем, что кривая изменения $ln\vartheta = f(\tau)$ переходит в прямую линию, имеющую постоянный угловой коэффициент φ на графике (рисунок 2 *б*). Как видно, относительную скорость нагрева тела (темп нагрева) можно определить по тангенсу угла наклона прямой [5]:

$$m = tg\varphi = \frac{ln\vartheta_1 - ln\vartheta_2}{\tau_1 - \tau_2} \quad . \tag{4}$$

Выражение (4) позволяет определить величину m (c) из опыта. Для этого измеренные в какой-нибудь точке тела избыточные температуры ϑ_1, ϑ_2, ...ϑ_n и соответствующие им отрезки времени τ_1, τ_2, ...τ_n необходимо отложить на полулогарифмическом графике $ln\vartheta = f(\tau)$, на прямолинейном участке зависимости выбрать точки 1 и 2 и соответствующие им величины $ln\vartheta_1$, $ln\vartheta_2$, τ_1, τ_2 подставить в формулу (4). При достаточно больших значениях коэффициента теплоотдачи темп охлаждения оказывается пропорциональным коэффициенту температуропроводности (вторая теорема Кондратьева Г. М.) [6]:



а *б*

Рисунок 2 – Изменение избыточной температуры во времени (а) и в полулогарифмических координатах (б)

$$a = K'm \quad , \tag{5}$$

где K' – коэффициент формы, характеризующий геометрическую форму и размеры тела.

Коэффициент формы для неограниченной пластины [5]:

$$K' = \left(2\delta/\pi\right)^2 \quad , \tag{6}$$

где δ – толщина плоского слоя, $м^2$.

Для проведения испытаний предприятием ООО «АКОТЕРМ ФЛАКС» были предоставлены образцы нетканых полотен.

Образцы выкраиваются размером 100x200 $мм$ и маркируются порядковым номером. Характеристики материала представлены в таблице 1 [7].

Эксперимент проводится при следующих установленных значениях: мощность теплового потока Q = 100 $Вт$, расчетная площадь поверхности, нормальная к направлению теплового потока, – F_p = 0,02 $м^2$.

По последним значениям температур поверхности определяется разность температур между верхней и нижней сторонами исследуемой пробы. Значения данных приведены на рисунке 3 в виде гистограммы.

Далее рассчитывается коэффициент формы по формуле (2). По формуле (1) рассчитывается коэффициент теплопроводности. Эксперимент

Таблица 1 – Основные характеристики нетканых материалов

№ образца	Толщина образца, $мм$	Защитный слой	Начальная температура образца, T_0, $^\circ C$
1	15	Алюминиевая фольга	22
2	15	–	22
3	12	Алюминиевая фольга	22
4	12	–	22
5	35	Алюминиевая фольга	22
6	35	–	22

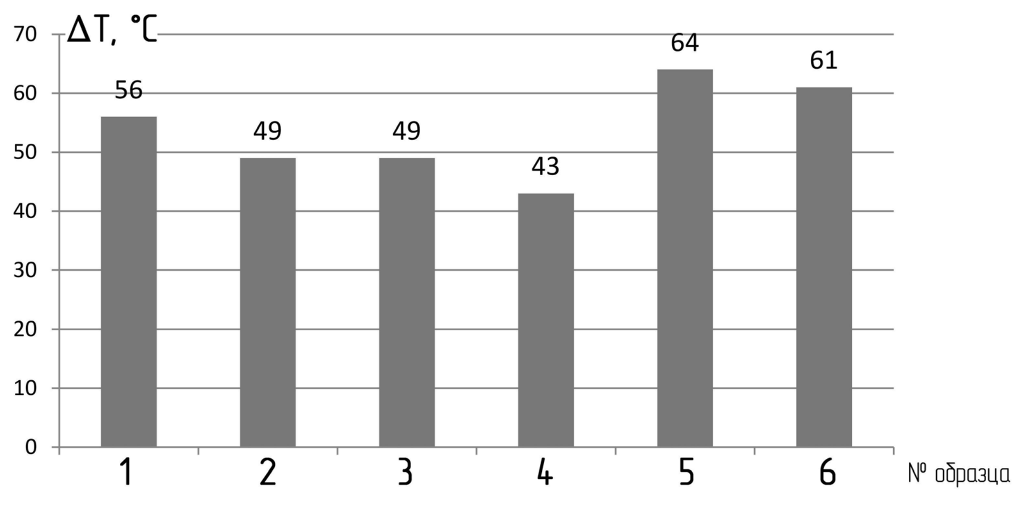


Рисунок 3 – Гистограмма разности температур образцов по определению теплопроводности считается завершенным, если изменение значения температуры не превышает 0,5 градуса в минуту. При таком незначительном изменении температуры процесс будем считать стационарным. График изменения температур образцов № 1 и № 2 по времени представлен на рисунке 4. Для остальных образцов материалов графики изменения температуры по времени строятся аналогично.

Область 1 на графике является неупорядоченной стадией процесса нагревания, характеризующей начальное развитие теплового процесса. Область 2 является регулярным режимом, при котором скорость изменения температуры во всех точках тела становится постоянной. Область 3 является стационарным режимом с постоянным распределением температуры тела во времени. Из графика видно, что образец № 1, имеющий защитный фольгированный слой, нагревается медленней, чем образец № 2, а после достижения верхней поверхности образцов температур $\boldsymbol{T_1}$ = 44 °$\boldsymbol{C}$ и $\boldsymbol{T_2}$ = 51 °$\boldsymbol{C}$ процесс нагрева замедляется и составляет не более 0,5 °$\boldsymbol{C}$. Это означает, что процесс теплообмена стационарен и эксперимент считается завершенным.

На основании данных выводов к рисунку 4 построим график изменения температуры в полулогарифмических координатах для образца № 1 (рисунок 5). Для остальных образцов графики строятся аналогично.

Темп нагрева определяется по формуле (4). Коэффициент формы $\boldsymbol{K'}$ определяется по формуле (6). Коэффициент температуропроводности определяется по формуле (5). Данные расчета основных теплофизических свойств нетканых материалов приведены в таблице 2.

Сравнительный анализ основных теплофизических свойств нетканых материалов показывает, что основные теплофизические свойства в значительной степени зависят от толщины нетканого материала. Образцы, имеющие защитное покрытие в виде алюминиевой фольги, имеют коэффициенты температуропроводности и теплопроводности на 4–5 % ниже, в сравнении с образцами, не имеющими защитного покрытия.

Собранная экспериментальная установка и ипользованная методика позволяет оперативно определять теплофизические свойства нетканых материалов, значения их коэффициентов теплопроводности и температуропроводности, устойчивость к воздействию теплового потока, тем самым определяется область применения существующих и вновь проектируемых материалов.

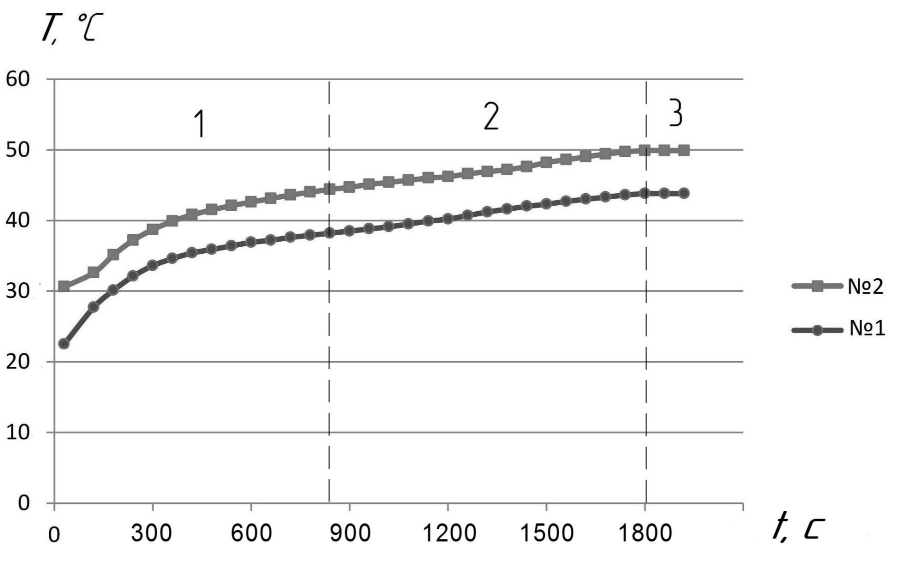


Рисунок 4 – Графики зависимости изменения температуры верхних поверхностей образцов № 1 и № 2 по времени

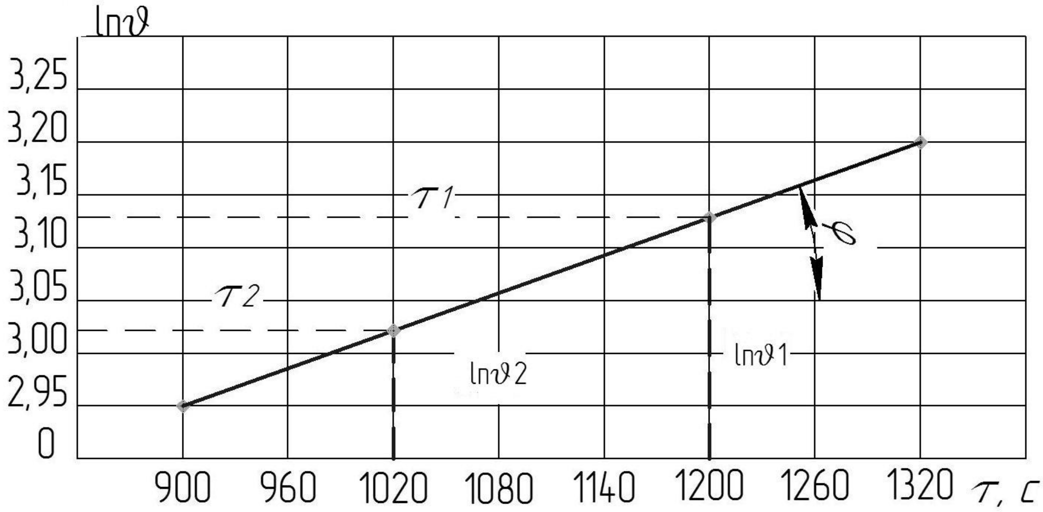


Рисунок 5 – График изменения избыточной температуры образца № 1 в полулогарифмических координатах

Таблица 2 – Значения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности

№ образца	Коэффициент формы $K, м^2$	Коэффициент теплопроводности $\lambda, Вт/(м \cdot K)$	Коэффициент формы $K', м^2$	Темп нагрева m, c	Коэффициент температуропроводности $a, м^2/c$
1	0,75	0,22	$9{,}13 \cdot 10^{-5}$	0,0495	$4{,}52 \cdot 10^{-6}$
2	0,75	0,23	$9{,}13 \cdot 10^{-5}$	0,0499	$4{,}56 \cdot 10^{-6}$
3	0,6	0,17	$5{,}84 \cdot 10^{-5}$	0,0493	$2{,}88 \cdot 10^{-6}$
4	0,6	0,19	$5{,}84 \cdot 10^{-5}$	0,05	$2{,}92 \cdot 10^{-6}$
5	1,75	0,5	$4{,}96 \cdot 10^{-4}$	0,483	$2{,}40 \cdot 10^{-5}$
6	1,75	0,53	$4{,}96 \cdot 10^{-4}$	0,05	$2{,}48 \cdot 10^{-5}$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дмитракович, Н. М., Русецкий, Ю. Г., Шарай, М. Т. (2015), Исследование теплофизических свойств дублированных текстильных материалов и применением термостойких клеевых соединений, *Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация*, 2015, № 7(17), С. 118–123.

REFERENCES

1. Dmitrakovich, N. M., Rusetskiy, YU. G., Sharay, M. T. (2015), Investigation of the thermophysical properties of duplicated textile materials and the use of heat-resistant adhesive joints [Issledovaniye teplofizicheskikh svoystv dublirovannykh tekstil'nykh materialov i primeneniyem termostoykikh kleyevykh soyedineniy], *Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvida-*

2. Зимина, Е. Л., Скобова, Н. В., Соколов Л. Е., Гришанова, С. С. (2019), Технологии переработки отходов химического волокна коврового производства, *Химические волокна*, 2019, № 1, С. 23–25.

3. Гусаров, А. М., Кузнецов, А. А., Дмитракович, Н. М. (2014), Исследование распределения температуры в многослойном пакете материалов боевой одежды пожарных при тепловом воздействии, *Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук*, 2014, № 4, С. 87–93

4. Парманчук, В. В., Ольшанский, В. И. (2014), Теплофизические свойства многослойных теплоизоляционных материалов, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2014, № 27, С. 87–93.

5. Лыков, А. В. (1967), *Теория теплопроводности,* Москва, Высшая школа, 600 с.

6. Осипов, В. А. (1969), *Экспериментальное исследование процессов теплообмена*, Москва, Энергия, 391 с.

7. Zimina, E. L., Ul'yanova, N. V., Vashchenko, O. D. (2021), Development of technology for production of sound insulation materials from waste, *Fibre Chemistry*, 2021, Vol. 52, № 1, pp. 362–365.

tsiya – Emergencies: prevention and response, 2015, № 7(17), pp. 118–123.

2. Zimina, E. L., Skobova, N. V., Sokolov, L. E., Grishanova, S. S. (2019), Technologies for recycling chemical fiber waste from carpet production [Tekhnologii pererabotki othodov himicheskogo volokna kovrovogo proizvodstva], *Himicheskie volokna – Chemical fibers*, 2019, № 1, pp. 23–25.

3. Gusarov, A. M., Kuznetsov, A. A., Dmitrakovich, N. M. (2014), Investigation of the temperature distribution in a multilayer package of materials for combat clothing of firefighters under thermal exposure [Issledovaniye raspredeleniya temperatury v mnogosloynom pakete materialov boyevoy odezhdy pozharnykh pri teplovom vozdeystvi], *Vesti Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya fiziko-tekhnicheskikh nauk – News from the National Academy of Sciences of Belarus. Physics and Technology Series*, 2014, № 4, pp. 87–93.

4. Parmanchuk, V. V., Olshanskiy, V. I. (2014), Thermophysical properties of multilayer thermal insulation materials [Teplofizicheskiye svoystva mnogosloynykh teploizolyatsionnykh materialov], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2014, № 27, pp. 87–93.

5. Lykov, A. V. (1967), *Teoriya teploprovodnosti* [Theory of thermal conductivity], Moscow, Higher school, 600 p.

6. Osipov, V. A. (1969), *Eksperimental'noe issledovanie processov teploobmena* [Experimental study of heat exchange processes], Moscow, Energy, 391 p.

7. Zimina, E. L., Ul'yanova, N. V., Vashchenko, O. D. (2021), Development of technology for production of sound insulation materials from waste, *Fibre Chemistry*, 2021, Vol. 52, № 1, pp. 362–365.

Статья поступила в редакцию 25. 05. 2021 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НИТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТРИКОТАЖНОЙ ОСНОВЕ

STUDY OF WEAR RESISTANCE OF THREAD SEAMS OF MEMBRANE MATERIALS ON A KNITTED BASE

УДК 677.017.7:687.023

Д.К. Панкевич, И.А. Буланчиков
Витебский государственный технологический университет

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-51-58

D. Pankevich, I. Bulanchikov
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ, НИТОЧНЫЕ ШВЫ, РЕЖИМЫ СТАЧИВАНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОЦЕНКА, ПРОЧНОСТЬ, МЕМБРАНА, ТРИКОТАЖ

Объектом исследования являются ниточные соединения мембранных текстильных материалов на трикотажной основе.

Предметом исследования является износостойкость швов, изменяющаяся в процессе многократного растяжения и изгиба и характеризующаяся показателем снижения прочности.

Цель работы – оценка износостойкости ниточных соединений эластичных мембранных материалов различной поверхностной плотности в широком диапазоне растягивающих усилий для обоснования режимов стачивания.

В процессе работы выполнено исследование структуры и физико-механических свойств материалов, прочности их ниточных соединений до и после воздействия многократного растяжения и изгиба вдоль и поперек шва, проанализированы его результаты.

Результат работы – выявлено, что разрывная нагрузка всех исследуемых образцов ниточных соединений практически не изменяется при росте растяжения в диапазоне от 0 до 25 %, как вдоль, так и поперек шва. Абсолютное удлинение у всех образцов снижается с увеличением процента растяжения образцов при моделировании эксплуатационных нагрузок, причем наиболее заметное снижение происходит поперек шва, но не является критическим.

ABSTRACT

WEAR RESISTANCE, THREAD SEAMS, STITCHING MODES, OPERATION MODELING, EVALUATION, STRENGTH, MEMBRANE, KNITWEAR

The article is devoted to the evaluation of the wear resistance of threaded seams of membrane materials on the knitted basis in the simulation of operation according to the criterion of reduction of strength indicators. As a result of the experiment, it has been detected that the breaking load of all the studied samples of thread seams practically does not change when the tensile strength increases in the range from 0 to 25 %, both along and across the seam. Absolute elongation of all specimens decreases with increasing percentage of specimen stretch when simulating operational loads, but it is not critical. Threaded seams of three-layer membrane materials on a knitted base made using the modes recommended in the article are characterized by stable strength and sufficient wear resistance.

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

Стачивание трехслойных мембранных материалов на трикотажной основе, которые относятся к I группе растяжимости и имеют поверхностную плотность от 240 до 330 $г/м^2$, следует проводить иглой № 70 с заточкой острия KN; используя швейные нитки № 120 с частотой 22 стежка в 5 $см$ строчки, поскольку такие режимы обеспечивают получение износостойкого ниточного соединения, что способствует сохранению целостности и товарного вида изделия при эксплуатации.

Область применения результатов – швейная промышленность.

Износостойкость соединения деталей одежды – один из факторов, определяющих качество готового изделия. Износостойкость ниточных соединений (швов) оценивают по соответствию принятых технологических решений (вида стежка, конструкции шва, параметров строчки, вида и параметров швейных ниток и игл) условиям эксплуатации, в том числе и возникающим в одежде деформациям. Такое соответствие может быть установлено путем моделирования эксплуатации и последующей оценки возникающих в соединении деталей изменений. Если свойства соединения мало изменились в результате моделирования эксплуатации, можно считать выбранное технологическое решение приемлемым. Критерием оценки износостойкости ниточных швов является уменьшение их прочности после эксплуатационных воздействий [1, 2]. Испытания должны учитывать вектор приложения нагрузки к узлу изделия при исследовании износостойкости швов [3].

Соединения, выполняемые челночным стежком на универсальных швейных машинах, наиболее часто применяются швейной промышленностью Республики Беларусь для выполнения соединительных швов. Исследования, проведенные авторами статьи ранее для одного образца мембранного материала на трикотажной основе, показали, что наименьшую прорубку материалов иглой обеспечивает форма заточки острия типа KN, а наибольшую прочность и износостойкость при растяжении на 10 % от первоначальной длины соединение подобных материалов приобретает при следующих параметрах стачивания: номер иглы – 70 с заточкой острия KN; номер ниток – 120; частота – 22 стежка в 5 $см$ строчки [4].

Статья посвящена оценке износостойкости ниточных соединений эластичных мембранных материалов различной поверхностной плотности в широком диапазоне растягивающих усилий для обоснования режимов стачивания.

Мембранные материалы на трикотажной основе по своей структуре являются композиционными текстильными материалами и обладают уникальными свойствами: водонепроницаемостью, паропроницаемостью, ветрозащитой, растяжимостью и применяются для изготовления одежды для спорта и активного отдыха. В Республике Беларусь массово не изготавливают одежду из мембранных материалов на трикотажной основе, в том числе и потому, что они сложны в пошиве. Нет четких рекомендаций по выбору параметров ниточных соединений, отсутствуют нормативные документы, регламентирующие методы и средства оценки качества ниточных соединений таких специфических материалов, не накоплен опыт их промышленной переработки.

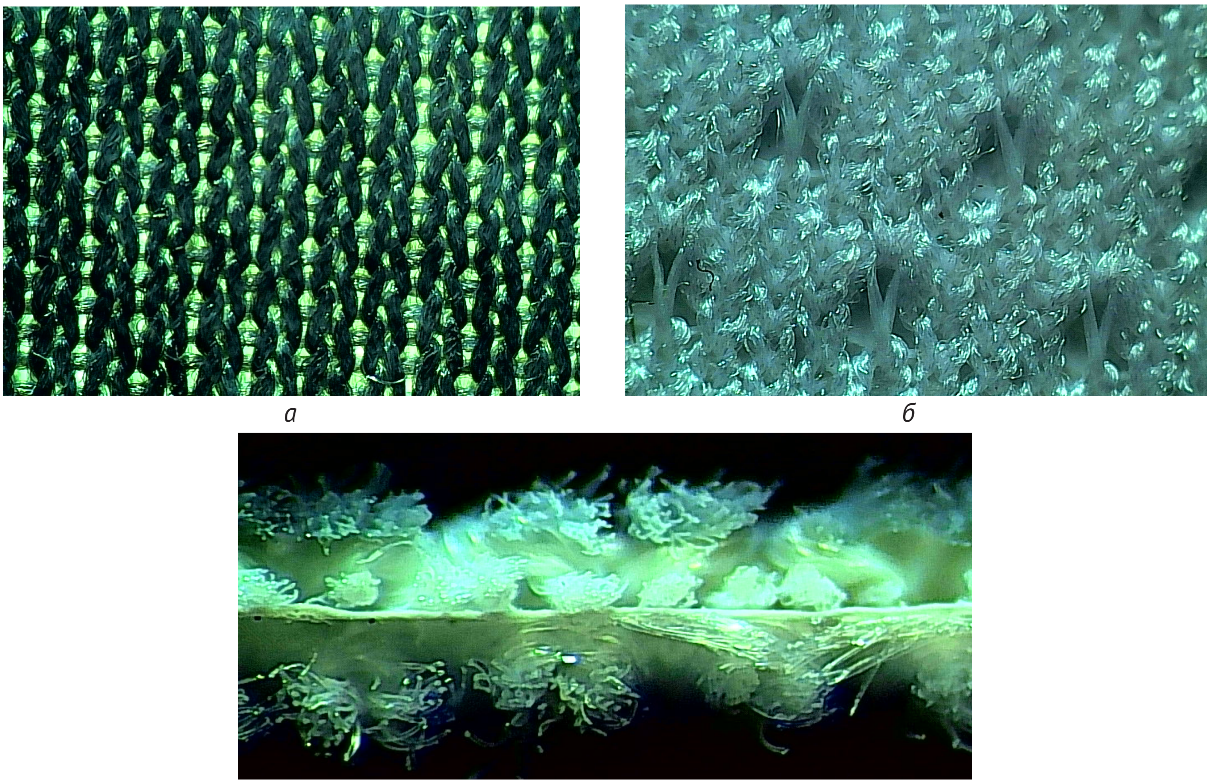
Выполнение ниточных соединений композиционных материалов происходит в условиях повышенного сопротивления проколу иглой и интенсивного трения иглы и швейной нитки о слои материала в процессе образования стежка. Игла швейной машины нагревается, происходит оплавление волокон текстильных слоев и повреждение мембраны в месте прокола. При последующей эксплуатации швов, вследствие перетирания ниток шва кромкой полимерной пленки и связующего, а также усугубления повреждений мембраны по линии строчки из-за механического воздействия перемещающихся под действием деформирующих сил ниток, возможно значительное снижение прочности ниточного соединения.

Для реализации цели работы предложено исследовать износостойкость ниточных соединений мембранных материалов на трикотажной основе в условиях многоциклового нагружения изгибом и растяжением. По данным Н. В. Дроботун, В. П. Румянцева, А. И. Коблякова, К. Э. Разумеева и Л. А. Карцева деформация трикотажного полотна I группы растяжимости в изделиях при эксплуатации одежды составляет от 8 % до 25 % [5–8]. Обоснование режимов стачивания, описанное в источнике [4], выполняли по результатам оценки прочности соединения после многократного изгиба и растяжения на 10 % от первоначальной длины пробы, поэтому в данном исследовании предложено моделирование эксплуатации проводить в рекомендуемом литературными источниками диапазоне – от 10 % до 25 %.

В качестве объектов исследования выбраны ниточные соединения материалов, из которых изготовлена и проходит опытную носку спортивная ветро-водозащитная экипировка. Для трех образцов материалов выполнено исследование их структуры в отраженном свете с помощью электронного стереоскопического микроскопа МС-1 (увеличение до 100 крат).

Выявлено, что по структуре все рассматриваемые образцы представляют собой трехслойные материалы, содержащие трикотажные полотна различных переплетений с лицевой и изнаночной стороны и полимерную мембрану между ними.

На рисунке 1 представлено изображение лицевой, изнаночной стороны и поперечного среза образца № 2, иллюстрирующее особенно-



а *б* *в*

Рисунок 1 – Изображение структуры мембранного материала на трикотажной основе: а) лицевая сторона; б) изнаночная сторона; в) поперечный срез сти структуры мембранных материалов на трикотажной основе.

Характеристика структуры образцов материалов представлена ниже.

Образец № 1. Лицевая сторона материала – трикотажное полотно одинарного поперечно-соединенного переплетения, изнаночная – трикотажное полотно двуластичного переплетения. Между полотнами тонкая листовая микропористая мембрана. Соединение полотен с мембраной точечное, по опорным поверхностям петель.

Образец № 2. Лицевая сторона материала – трикотажное полотно переплетения кулирная гладь, изнаночная – трикотажное полотно комбинированного переплетения. Между полотнами тонкая листовая микропористая мембрана. Соединение полотен с мембраной точечное, по опорным поверхностям петель.

Образец № 3. Лицевая сторона материала – трикотажное полотно переплетения кулирная гладь, изнаночная – трикотажное полотно одинарного комбинированного переплетения, полученного сочетанием поперечносоединенного и плюшевого переплетений. Между полотнами тонкая листовая микропористая мембрана. Соединение полотен с мембраной точечное, по опорным поверхностям петель.

Показатели физико-механических свойств исследуемых материалов отражены в таблице 1.

Характеристика ниток, применяемых при выполнении соединений, представлена в таблице 2.

Для исследования износостойкости ниточных швов использовали установку, разработанную

Таблица 1 – Характеристика свойств объектов исследования

Наименование показателя, единицы измерения		**Значение для образцов**		
		№ 1	**№ 2**	**№ 3**
Состав текстильных слоев, $\%$		ПЭ 100	ПЭ 100	ПЭ 92, ПУ 8
Число петельных рядов в 100 $мм$:	лицевой слой	290	200	180
	изнаночный слой	210	100	140
Число петельных столбиков в 100 $мм$:	лицевой слой	200	200	180
	изнаночный слой	180	160	164
Полимер мембранного слоя		ПУ	ПУ	ПУ
Поверхностная плотность, $г/м^2$		305	240	328
Паропроницаемость, $г/м^2/24\ ч$		2726	1467	2344
Водонепроницаемость, $кПа$		168	153	175
Растяжимость при нагрузке 6 $Н$, $\%$ (группа растяжимости)	вдоль	6	5	6
	поперек	9 (I группа растяжимости)	8 (I группа растяжимости)	10 (I группа растяжимости)
Разрывная нагрузка вдоль, $Н$		770	870	856
Разрывная нагрузка поперек, $Н$		530	632	742
Удлинение при разрыве вдоль, $\%$		97	107	102
Удлинение при разрыве поперек, $\%$		130	127	146

Таблица 2 – Характеристика швейных ниток, предлагаемых для соединения деталей

Торговый номер	**Состав, артикул**	**Линейная плотность, $текс$**	**Разрывная нагрузка, $Н$**	**Удлинение при разрыве, $\%$**
120	ПЭ 100 %, Saba	27,5	12,4	11,8

на кафедре «Техническое регулирование и товароведение» УО «ВГТУ». Установка позволяет многократно с определенной частотой подвергать образцы материалов циклическому изгибу и растяжению при различных заданных значениях деформации растяжения.

Элементарные пробы для испытаний выкраивали прямоугольной формы так, чтобы шов совпадал с направлением петельного ряда лицевого трикотажного полотна, а размер пробы со швом составлял 200 ***мм*** х 50 ***мм***. Для варьирования направления приложения усилия подготавливали пробы двух видов – для исследования прочности и износостойкости шва при растяжении вдоль и поперек шва. Таким образом, получали модели основных швов в гипотетическом изделии, испытывающих деформацию растяжения и изгиба: плечевых швов, швов соединения кокеток, шва втачивания воротника в горловину. Стачивание выполняли на промышленной машине челночного стежка JK-F4 фирмы Jack (Китай), оснащенной дифференциальным двигателем ткани и тефлоновой лапкой, без закрепок, располагая элементарные пробы цепочкой, при скорости вращения главного вала около 2000 $мин^{-1}$.

При моделировании эксплуатации задавали величину растяжения пробы в процентах от первоначальной длины пробы: 10 %, 15 %, 20 % и 25 %. Для каждого сочетания параметров опыта (значение процента растяжения и направление приложения усилия) заготавливали по 3 элементарных пробы со швами.

После моделирования эксплуатационного износа в течение 136 минут (15 000 циклов растяжения и изгиба) при заданных сочетаниях параметров, образцы испытывали на разрывной машине РТ-250 по стандартной методике для определения разрывной нагрузки шва и абсолютного удлинения шва по ГОСТ 28073-89 «Изделия швейные. Метод определения разрывной нагрузки, удлинения ниточных швов, раздвигаемости нитей ткани в швах». Результаты испытания представлены в виде гистограмм на рисунках 2 и 3.

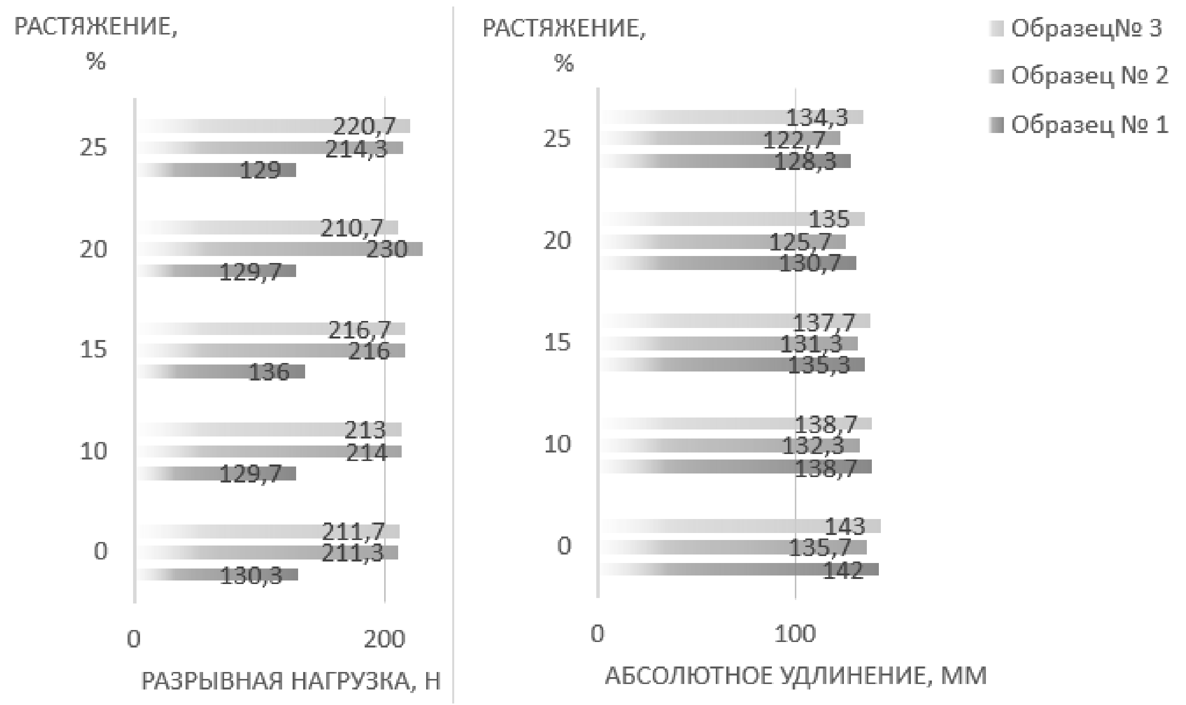


Рисунок 2 – Изменение показателей прочности ниточного соединения после многоциклового изгиба и растяжения вдоль шва

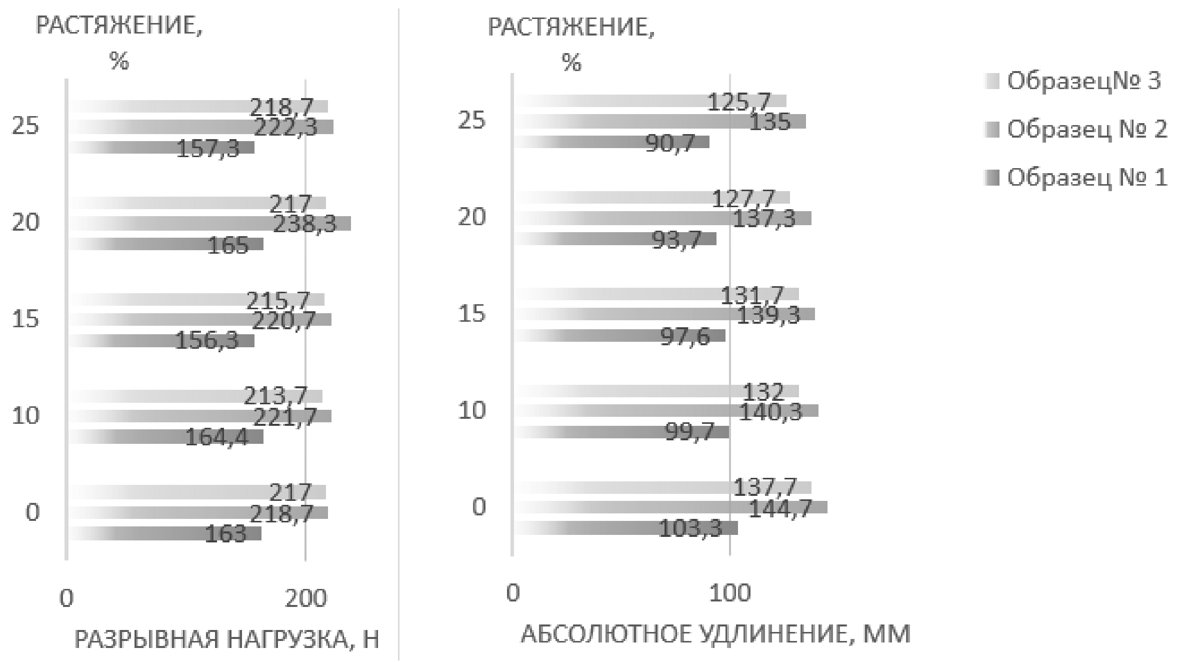


Рисунок 3 – Изменение показателей прочности ниточного соединения после многоциклового изгиба и растяжения поперек шва

Анализ результатов показывает, что разрывная нагрузка всех исследуемых образцов ниточных соединений практически не изменяется при росте растяжения в диапазоне от 0 до 25 %, как вдоль, так и поперек шва. Абсолютное удлинение у всех образцов снижается с увеличением процента растяжения образцов при моделировании эксплуатационных нагрузок, причем наиболее заметное снижение происходит поперек шва, но не является критическим.

Оценку износостойкости ниточных соединений мембранных материалов на трикотажной основе при моделировании эксплуатации проводили по критерию снижения прочности $\boldsymbol{P}$, %, после циклического изгиба и растяжения на 25 % по формуле (1), предложенной К. Г. Гущиной [1].

$$\boldsymbol{P} = \frac{100 \cdot (P_0 - P_{exp})}{P_0} , \qquad (1)$$

где P_0 – начальная прочность соединения, характеризуемая разрывной нагрузкой, $\boldsymbol{H}$; P_{exp} – прочность соединения после моделирования эксплуатации (растяжение – 25 %, длительность испытания – 15 000 циклов), характеризуемая разрывной нагрузкой, $\boldsymbol{H}$.

Результат оценки представлен в таблице 3.

Анализ показателя износостойкости ниточных соединений позволяет сделать вывод о том, что при моделировании эксплуатации в течение 15 000 циклов нагружения прочность ниточных соединений мембранных материалов на трикотажной основе, выполненных с применением научно обоснованных параметров стачивания, незначительно снизилась у образца № 1, а у образцов № 2 и № 3 повысилась. Значение снижения прочности в пределах ±5 % следует интерпретировать как укладывающееся в диапазон ошибки опыта, поэтому в целом экспериментально установлено, что прочность исследуемых соединений стабильна, а износостойкость достаточна.

Стачивание трехслойных мембранных материалов на трикотажной основе, которые относятся к I группе растяжимости и имеют поверхностную плотность от 240 до 330 $г/м^2$, следует

Таблица 3 – Оценка износостойкости ниточных соединений

Номер образца	**Снижение прочности, %, при моделировании эксплуатации**	
	вдоль шва	**поперек шва**
1	3,5	1,0
2	-1,6	-1,4
3	-0,8	-4,3

проводить иглой № 70 с заточкой острия KN; используя швейные нитки № 120 с частотой 22 стежка в 5 *см* строчки, поскольку такие режимы обеспечивают получение износостойкого ниточного соединения, что способствует сохранению целостности и товарного вида изделия при эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гущина, К. Г., Беляева, С. А., Командирова, Е. Я. (1984), *Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества,* Москва, Лёгкая и пищевая промышленность, 312 с.

2. Кокеткин, П. П. (1983), *Механические и физико-химические способы соединения деталей швейных изделий*, Москва, Легкая и пищевая промышленность, 200 с.

3. Туханова, В. Ю, Тихонова, Т. П. (2017), Исследование устойчивости конструкции узла швейного изделия, *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*, 2017, № 1 (49), С. 77–85.

4. Панкевич, Д. К., Буланчиков, И. А. (2021), Эксплуатационные свойства ниточных соединений мембранных материалов на трикотажной основе, *Технологии и качество*, 2021, № 2(52), С. 25–39.

5. Туханова, В. Ю., Тихонова, Т. П., Федотова, И. В. (2017), *Методы оценок потребительских свойств материалов и конструкций узлов*

REFERENCES

1. Gushchina, K. G., Belyaeva, S. A., Komandirova, E. Ya. (1984), *Ekspluatacionnye svojstva materialov dlya odezhdy i metody ocenki ih kachestva* [Operational properties of materials for clothing and methods of assessing their quality], Moscow, Light and Food Industry, 312 p.

2. Koketkin, P. P. (1983), *Mekhanicheskie i fiziko-himicheskie sposoby soedineniya detalej shvejnyh izdelij* [Mechanical and physicochemical methods of joining parts of garments], Moscow, Light and Food Industry, 200 p.

3. Tuhanova, V. YU., Tihonova, T. P. (2017), Investigation of the stability of the structure of the knot of the garment [Issledovanie ustojchivosti konstrukcii uzla shvejnogo izdeliya], *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie – Modern high technologies. Regional Supplement*, 2017, № 1 (49), pp. 77–85.

4. Pankevich, D. K., Bulanchikov, I. A. (2021), Operational properties of thread connections of membrane materials on a knitted basis [Ekspluatacionnye svojstva nitochnyh soedinenij membrannyh materialov na trikotazhnoj

швейных изделий при инженерном конфекционировании: учебное пособие, Москва, Издательский дом Академии Естествознания, 144 с.

6. Дроботун, Н. В. (2009), *Разработка методов оценки упруго-релаксационных свойств высокорастяжимого трикотажа и проектирования медицинских изделий компрессионного назначения: автореф. дис. ... канд. техн. наук*, С.-Петерб. гос. ун-т технологии и дизайна, СПб, 16 с.

7. Разумеев, К. Э., Юдин, Б. В., Разбродин, А. В. (2008), Модельные методы изучения деформации текстильных материалов, *Швейная промышленность*, 2008, № 2, С. 36–38.

8. Крученецкий, В. З., Калабина, А. А., Жилисбаева, Р. О., Смайлова, У. У., Нуржасарова, М. А., Рахимова, С. М. (2018), Связь деформаций текстильных материалов с их структурой и механическими свойствами, *Технология текстильной промышленности,* 2018, № 6 (378), С. 59–63.

osnove], *Tekhnologii i kachestvo – Technology and quality*, 2021, № 2(52), pp. 25–39.

5. Tukhanova, V. YU., Tikhonova, T. P., Fedotova, I. V. (2017), *Metody ocenok potrebitel'skih svojstv materialov i konstrukcij uzlov shvejnyh izdelij pri inzhenernom konfekcionirovanii: uchebnoe posobie* [Methods for assessing the consumer properties of materials and designs of garment knots in engineering confectioning: textbook], Moscow, Publishing house of the Academy of Natural Sciences, 144 p.

6. Drobotun, N. V. (2009), *Razrabotka metodov ocenki uprugo-relaksacionnyh svojstv vysokorastyazhimogo trikotazha i proektirovaniya medicinskih izdelij kompressionnogo naznacheniya* [Development of methods for evaluating the elastic-relaxation properties of highly stretchable knitwear and designing medical devices for compression purposes]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk, S.-Peterb. gos. un-t tekhnologii i dizajna, SPb, 16 p.

7. Razumeev, K. E., YUdin, B. V., Razbrodin, A. V. (2008), Model Methods for Studying the Deformation of Textile Materials [Model'nye metody izucheniya deformacii tekstil'nyh materialov], *SHvejnaya promyshlennost' – Garment industry*, 2008, № 2, pp. 36–38.

8. Krucheneckij, V. Z., Kalabina, A. A., ZHilisbaeva, R. O., Smajlova, U. U., Nurzhasarova, M. A., Rahimova, S. M. (2018), Relation of deformations of textile materials to their structure and mechanical properties [Svyaz' deformacij tekstil'nyh materialov s ih strukturoj i mekhanicheskimi svojstvami], *Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti – Technology of textile industry*, 2018, № 6 (378), pp. 59–63.

Статья поступила в редакцию 18. 10. 2021 г.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ФЛОКИРОВАНИЯ

THERMOTECHNICAL PROPERTIES OF MATERIALS PRODUCED BY AERODYNAMIC FLOCKING

УДК 677.017.2/.7:677.014.332

В.В. Парманчук[1*], В.И. Ольшанский[2]
[1] ОАО «БЕЛАЗ» – Управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ»
[2] Витебский государственный технологический университет

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-59-72

V. Parmanchuk[1*], V. Alshanski[2]
[1] OJSC «BELAZ» – Management Company of Holding «BELAZ-HOLDING»
[2] Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

МЕЛКОДИСПЕРСНЫЕ ЧАСТИЦЫ, ВОЛОКНИСТАЯ МАССА, ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ, ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

Работа посвящена определению теплотехнических свойств мелкодисперсных волокнистых масс из различного сырьевого состава (КНОП стригальный; флок специальный; ковровые обрези из пряжи аппаратной полушерстяной) и теплоизоляционных материалов, полученных методом аэродинамического флокирования с их использованием. Авторами проведен анализ свойств теплоизоляционных материалов, волокнистой массы, состоящей из коротковолокнистых отходов текстильной промышленности, выполнены исследования основных эксплуатационных требований, предъявляемых к подобным материалам: геометрических размеров, параметров состояния, гидрофизических, механических и теплофизических свойств коротковолокнистых отходов. При проведении испытаний использовались стандартные методы, определяемые СТБ и ГОСТ, действующими на территории Республики Беларусь.

В результате проведенных исследований установлено:

– наибольшей насыпной плотностью во всем диапазоне изменения давления прессования обладает волокнистая масса флока;

– для мелкодисперсных частиц флока через 24 часа гигроскопичность составляет 1,51 %, сорб-

ABSTRACT

MULTILAYERED MATERIAL, THERMAL INSULATION, MOISTURE CONTENT, BULK DENSITY, SPECIFIC SURFACE, ELASTIC DEFORMATION, COMPRESSIBILITY

The aim of the work is to compare the main thermal physical and physical-mechanical properties of finely dispersed fibrous particles from various materials.

The authors conducted experimental studies of the definition of the geometric sizes of fine-divided particles and their influence on the structure and properties of multilayer heat-insulation materials, Hydrophysical, mechanical and thermophysical properties of short-fiber waste of the textile industry are determined.

The results of the work allow to determine the main quantitative and qualitative indicators of fibrous masses consisting of fine-divided particles affecting the properties of multilayer heat-insulation materials. The use of ultra-thin and fine-tested fibers in finished products allows to give the latest unique consumer properties and to expand their scope.

* E-mail: *Pavera@tut.by* (V. Parmanchuk)

ционное увлажнение 5,26 %, для кнопа коврового гигроскопичность составляет 6,31 %, сорбционное увлажнение 21,95 %;

– образцы на основе флока выдерживает более высокую нагрузку по сравнению с другими вариантами наполнителей;

– экспериментально подтверждена возможность получения образцов теплоизоляционных материалов с коэффициентом теплопроводности 0,0314 $\boldsymbol{Вт/(м \cdot К)}$;

– доказано, что для повышения свойств теплоизоляционных материалов особое внимание следует обращать на использование наполнителей из материалов, характеризующихся низкой теплопроводностью, гигроскопичностью, высокой огнетермостойкостью, что требует определенной методики их измерения.

Результаты работы позволяют оперативно определить основные теплофизические и физико-механические свойства коротковолокнистых масс, влияющие на характеристики многослойных теплоизоляционных материалов, текстильных композиционных материалов.

ВВЕДЕНИЕ

Знание тепловых и физических свойств необходимо для рационального и эффективного создания экологически чистых теплоизоляционных материалов при проектировании автомобилей, зданий и сооружений. Для обеспечения требуемых тепловых режимов актуальными являются вопросы не только применяемых покрытий, качества утепления, но и экологический и энергосберегающий аспект создания новых теплоизоляционных материалов.

Одним из эффективных путей создания таких материалов является использование в качестве основного сырья различных непрядомых отходов текстильной промышленности. На предприятии ОАО «БЕЛФА» их образование составляет более 100 т в год [1], на ОАО «Витебские ковры» объем образования отходов вида кноп стригальный составляет 8 т в месяц [2], на швейных предприятиях в зависимости от объемов производств ежегодно образуется 12–16 т. Волокнистые массы, полученные из этих отходов, обладают высокими теплоизоляционными свойствами, стойкостью к воздействию биологически активных сред и низкой стоимостью, поэтому получение новых теплоизоляционных материалов из вторичного текстильного сырья является крайне актуальной задачей.

Структурообразующими факторами, регулирующими свойства волокнистых теплоизоляционных материалов (далее ВТИМ), созданных на основе коротковолокнистых отходов, являются геометрические размеры и параметры состояния волокнистых масс, к которым относятся насыпная плотность, пористость, коэффициент плотности, удельная поверхность и эквивалентный диаметр порового канала.

Форма поперечного сечения волокон и нитей в значительной степени определяет их физические свойства [3, 4]. В настоящее время имеется большой патентный материал [5, 6, 7], позволяющий посмотреть основные направления и достигнутые результаты по изучению влияния формы поперечного сечения волокон и нитей на их свойства. Исследования влияния этих факторов на свойства волокнистых теплоизоляционных материалов из коротковолокнистых отходов не систематизированы, и охватывают только механические и геометрические свойства материалов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель исследования – оценка и сравнение оптимальных теплофизических и физико-механических свойств волокнистых масс на основе мелкодисперсных частиц различного сырьевого состава, применяемых для изготовления многослойных теплоизоляционных материалов методом аэродинамического флокирования.

Объектом исследований данной работы являются теплоизоляционные материалы, изготовленные методом аэродинамического флокирования и волокнистые массы из мелкодисперсных частиц, образующихся на предприятиях легкой промышленности. При проведении испытаний использовались стандартные методы, определяемые действующими ГОСТами.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения свойств теплоизоляционного материала, полученного методом аэродинамического флокирования, и коротковолокнистых отходов проведена сравнительная характеристика физико-механических показателей образцов, регламентируемых СТБ 1995-2009 [8], и аналогичных показателей теплоизоляционных материалов, указанных в ГОСТ 31309-2005 [9], был реализован ряд лабораторных экспериментов.

В соответствии с технологией аэродинамического флокирования для получения ВТИМ использовались следующие компоненты: основа (стеклоткань РСТ-250-Ф), связующее (полиуретановый клей УР 600), волокнистая масса, модифицирующие добавки.

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

Образцы теплоизоляционных материалов изготавливались двумя способами.

Первый способ: на лабораторной установке основу теплоизоляционного материала пропитывали валковым методом раствором связующего. Коротковолокнистые отходы диспергировали до состояния мелкодисперсности на дробилке роторной ДР-185 и наносили на основу при помощи форсунок на лабораторной установке УАН-1. Укладывали промежуточный слой материала и повторяли процедуру. Полученные образцы выдерживаются под прессом при давлении 2 $\boldsymbol{кПа}$ в течение 24 $\boldsymbol{ч}$.

Второй способ отличается тем, что каждый слой пропускался через прижимные валики, установленные на установке УАН-1.

Эффективность технологических способов изготовления теплоизоляционного материала оценивали по показателю прочности на изгиб (рисунок 1), внешнему виду материалов, наличию необходимого уровня прочности клеевого соединения слоев материала.

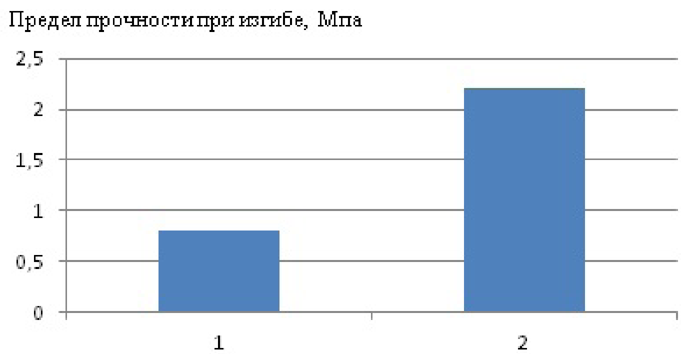


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности при изгибе ВТИМ от способа их изготовления

При изучении внешнего вида материалов, изготовленных по первому способу, отмечалось менее прочное соединение волокнистой массы и основы, во избежание которого необходимо значительно увеличить расход связующего. Определение теплофизических свойств ВТИМ проводили на образцах, изготовленных по второму способу.

1. Исследование геометрических размеров коротковолокнистых отходов

При использовании отходов текстильной промышленности для производства многослойных текстильных материалов возникает необходимость разделения массы волокон на ряд фракций в зависимости от длины волокон. Так как мелкодисперсные частицы отходов текстильной промышленности в основном имеют форму цилиндра, то в инженерных расчетах можно использовать в качестве количественной оценки формы соотношение между наибольшими линейными размерами: длиной ($\boldsymbol{L}$) и диаметром ($\boldsymbol{D}$). Определение геометрических характеристик волокон материала осуществляли в соответствии с [10, 11]. Определение длины волокон в коротковолокнистых отходах проводилось путем промера одиночных волокон при помощи линейки по ГОСТ 427-75 с точностью измерений 1 $\boldsymbol{мм}$, а также при оптическом испытании, при помощи микроскопа с окулярным микрометром с точностью измерений 0,1 $\boldsymbol{мм}$. Масса волокон определялась при помощи электронных весов с точностью измерений 0,001 $\boldsymbol{г}$.

Характеристикой неравномерности геометрических свойств коротковолокнистых отходов является среднеквадратическое отклонение $\boldsymbol{\sigma}$, $\boldsymbol{мм}$, и коэффициент вариации $\boldsymbol{C}$, $\boldsymbol{\%}$ [10].

Диспергирование и распределение частиц по размерам позволяет классифицировать их как свободнодисперсные. По степени дисперсности частицы подразделяют на ультрамикрогетерогенные, размер частиц которых лежит в пределах от 10^{-9} до 10^{-7} $\boldsymbol{м}$ (от 1 до 100 $\boldsymbol{нм}$), микрогетерогенные с размером частиц от 10^{-7} до 10^{-5} $\boldsymbol{м}$ (от 0,1 до 10 $\boldsymbol{мкм}$) и грубодисперсные с частицами, размеры которых превышают 10^{-5} $\boldsymbol{м}$ [12].

Кривые распределения длин волокон представлены на рисунке 2.

Большую часть волокнистой массы составляли частицы, начальные размеры которых находились в диапазоне 5,2–7,7 $\boldsymbol{мм}$. Анализ диаграмм распределения и коэффициента вариации, который равен 169,1, свидетельствует о большой неравномерности и необходимости применения процесса подготовки коротковолокнистых отходов к вторичной переработке.

По данным, представленным на рисунке 2, установлено, что в волокнистой массе кнопа стригального преобладают волокна с длиной от

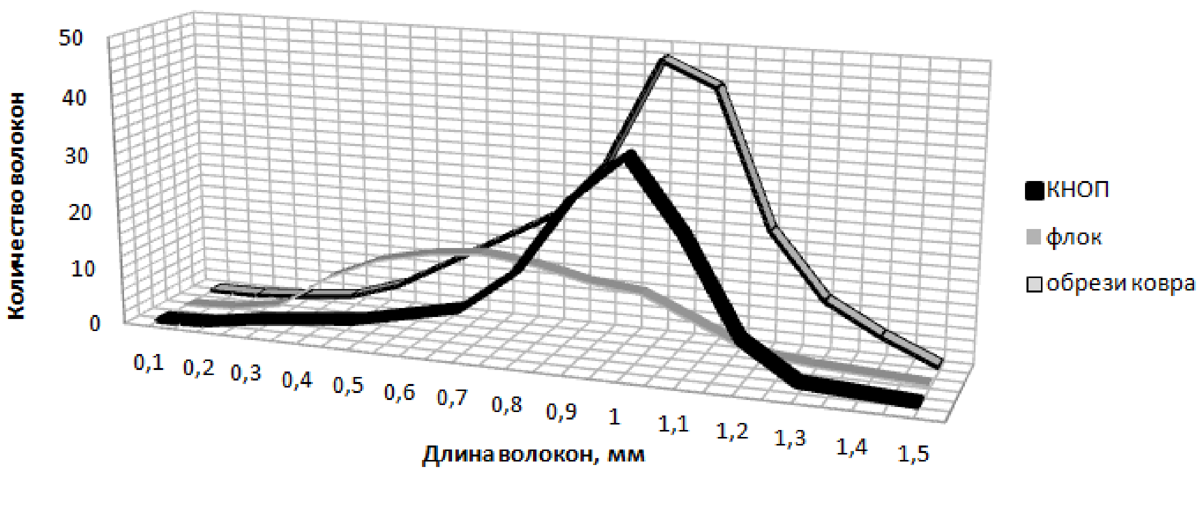


Рисунок 2 – Кривые распределения волокон по длине (окончательный этап дробления)

0,8 до 1,2 $\boldsymbol{мм}$, максимальное количество волокон длиной 1,1 $\boldsymbol{мм}$. Для волокон в отходе кноп стригальный после окончательной операции дробления коэффициент вариации: $\boldsymbol{C}$ = 47,99 %.

В волокнистой массе кнопа коврового преобладают волокна с длиной от 0,9 до 1,2 $\boldsymbol{мм}$, максимальное количество волокон длиной 1 $\boldsymbol{мм}$. Для волокон в отходе кноп ковровый после окончательной операции дробления коэффициент вариации: $\boldsymbol{C}$ = 52,83 %.

Исходя из полученных размеров частиц в волокнистой массе, они относятся к мелкодисперсным (микрогетерогенным) с размером от 10^{-7} до 10^{-5} $\boldsymbol{м}$ (от 0,1 до 10 $\boldsymbol{мкм}$).

Результаты исследований геометрических параметров волокон представлены в таблице 1.

Анализ таблицы 1 показывает, что наибольшие значения геометрических параметров имеет волокнистая масса частиц кнопа стригального, которая характеризуется наибольшим значением отношения $\boldsymbol{L_{ср}} / \boldsymbol{D_{ср}}$ и наименьшим значением коэффициента формы $\boldsymbol{\Phi_{ц}}$. Увеличение коэффициента формы происходит из-за приближения геометрической формы волокна к сферическому профилю (наблюдается снижение значения отношения $\boldsymbol{L_{ср}} / \boldsymbol{D_{ср}}$), что характерно для кнопа коврового.

2. Исследование параметров состояния волокнистых масс

Параметрами состояния материалов и волокон являются плотность, пористость, коэффициент плотности, удельная поверхность, эквивалентный диаметр порового канала и т. д. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Анализ таблицы 2 показывает, что определяемые параметры состояния волокнистых масс – насыпная плотность, пористость имеют практически одинаковые значения и не позволяют вы-

Таблица 1 – Геометрические параметры волокна

Параметр волокна	Тип волокнистой массы		
	Кноп стригальный	**Флок**	**Кноп ковровый**
Средний диаметр, $\boldsymbol{мкм}$	0,01872	0,0172	0,5902
Средняя длина, $\boldsymbol{мм}$	1,07	0,65	0,8254
Отношение $\boldsymbol{L_{ср}} / \boldsymbol{D_{ср}}$	57,158	37,791	1,39
Коэффициент формы $\boldsymbol{\Phi_{ц}}$	0,337	0,385	0,863
Коэффициент вариации после окончательной операции дробления, $\boldsymbol{C}$, %	47,99	47,5	52,83

Таблица 2 – Параметры состояния волокнистой массы

Параметры состояния	Тип волокнистой массы		
	Кноп стригальный	**Флок**	**Кноп ковровый**
Линейная плотность, $\boldsymbol{текс}$	0,17–0,27	0,33	110
Истинная плотность, $\boldsymbol{кг/м^3}$	1200	1200	580
Насыпная плотность, $\boldsymbol{кг/м^3}$	113	180	90
Пористость, %	90,583	85	84,48
Коэффициент плотности	0,094	0,15	0,155
Удельная поверхность, $\boldsymbol{м^2/кг}$	179,62	195,45	15,863
Эквивалентный диаметр порового канала, $\boldsymbol{мм}$	0,228	0,089	0,271

явить особенности их строения. Большей информативностью обладают значения коэффициента плотности, удельной поверхности и эквивалентного диаметра порового канала. Для флока с наименьшими геометрическими размерами волокна характерно наибольшее значение коэффициента плотности и удельной поверхности и наименьшее значение эквивалентного диаметра порового канала.

Общую пористость определяли расчетно-экспериментальным методом по формуле:

$$П = \left(1 - \frac{\rho_{ср}}{\rho}\right) \cdot 100 \quad \% \quad , \tag{1}$$

где $П$ – пористость волокнистой массы, %; $\rho_{ср}$ – насыпная плотность волокнистой массы, $кг/м^3$, ρ – истинная плотность волокна, $кг/м^3$.

Коэффициент плотности волокнистой массы определяется по формуле:

$$K_{пл} = \frac{\rho_{ср}}{\rho} \quad . \tag{2}$$

Удельная поверхность волокнистой массы определяется по формуле:

$$S_{уд} = n \cdot S_{в} \quad , \tag{3}$$

где n – количество волокон; $S_{в}$ – площадь поверхности волокна, $мм^2$.

Количество волокон в волокнистой массе:

$$n = \frac{V_{ист}}{V_{в}} \quad , \tag{4}$$

где $V_{ист}$ – истинный объем волокнистой массы, $м^3$; $V_{в}$ – объем волокна, $м^3$.

Эквивалентный диаметр порового канала при стандартной загрузке 2000 $Па$ [13] определяется по формуле:

$$d_{э} = \frac{4 \cdot П}{S_{общ}} \quad , \tag{5}$$

где $d_{э}$ – эквивалентный диаметр порового канала, $мм$; $П$ – пористость волокнистой массы, %; $S_{общ}$ – общая поверхность волокон в волокнистой массе, $мм^2$.

Рассмотрим влияние приложения внешней нагрузки на параметры состояния волокнистых масс, представленное на рисунках 3–5. Испытание на эксплуатацию под воздействием внешней нагрузки обусловлено применением таких материалов в кабинах карьерных самосвалов.

При увеличении давления прессования общая пористость волокон и эквивалентный диаметр порового канала уменьшаются, а насыпная плотность волокнистых масс увеличивается. Наибольшей насыпной плотностью во всем диапазоне изменения давления прессования обладает волокнистая масса флока.

3. Исследование гидрофизических свойств волокнистых масс

Теплоизоляционные материалы применяются в различных климатических условиях, часто при воздействии на них влажного воздуха, что приводит к снижению функциональных и эксплуатационных характеристик. При увлажнении материалов наблюдается резкое увеличение средней плотности и коэффициента теплопроводности материала, ухудшаются механические характеристики.

Эффективность теплоизоляционных материалов определяется в основном комплексом теплофизических и гидрофизических свойств, к которым относятся: теплопроводность, огнестойкость, гигроскопичность, сорбционное увлажнение, водопоглощение и др. [10]. Эти свойства характеризуют отношение материала к определенному виду физического воздействия.

Исследования гидрофизических свойств волокнистых масс проводились по следующим показателям: гигроскопичность, сорбционное увлажнение, водопоглощение.

В таблице 3 представлены экспериментальные данные по гигроскопичности и сорбционному увлажнению исследуемых волокнистых масс.

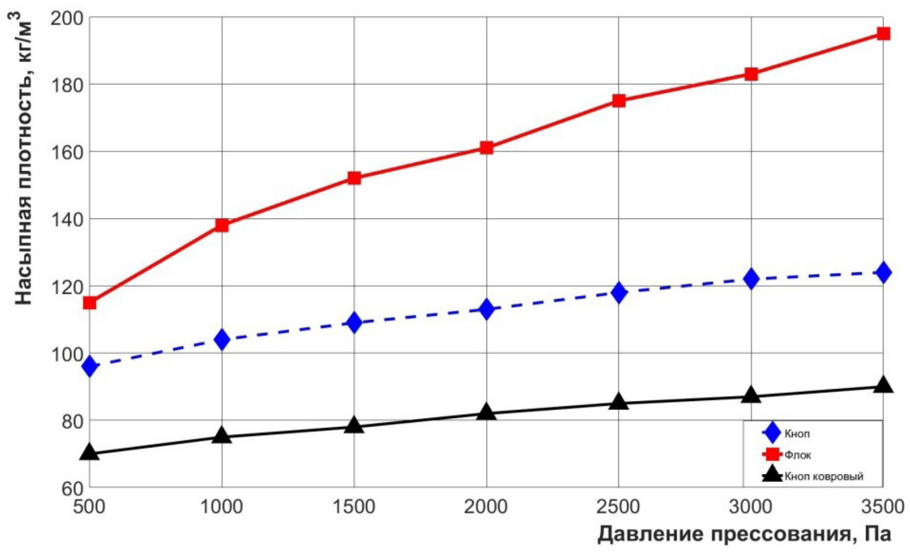


Рисунок 3 – Зависимость насыпной плотности волокнистой массы от величины приложенной нагрузки

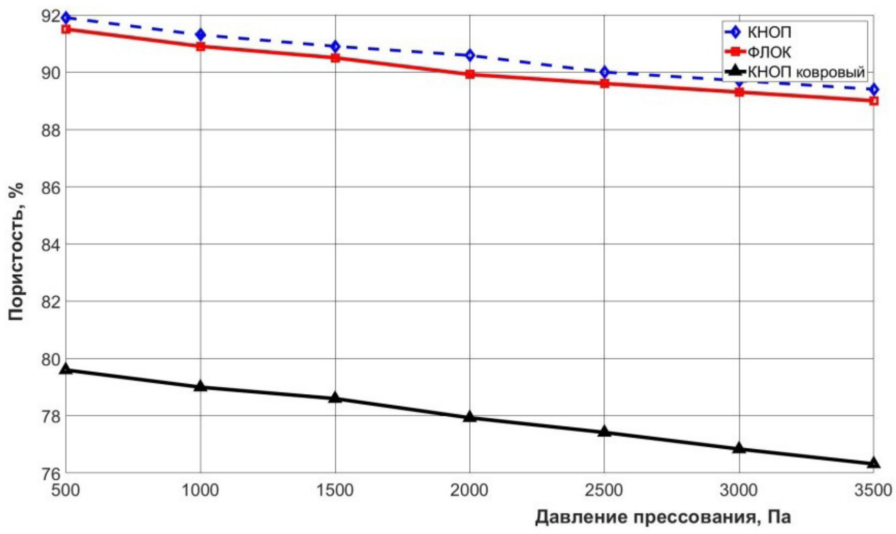


Рисунок 4 – Зависимость общей пористости волокнистой массы от давления прессования

Из представленных данных в таблице 3 установлено, что при увеличении удельной поверхности коротковолокнистой массы повышается ее сорбционное увлажнение. Волокнистая масса кнопа коврового характеризуется более высокой гигроскопичностью вследствие большей общей площади поверхности и более мелких пор.

4. Исследование механических свойств образцов ВТИМ

Механические свойства ВТИМ зависят от структуры и свойств основы образцов и вида пористой структуры. К ним относят предел прочности при изгибе и растяжении. Также дополнительно определяют сжимаемость мате-

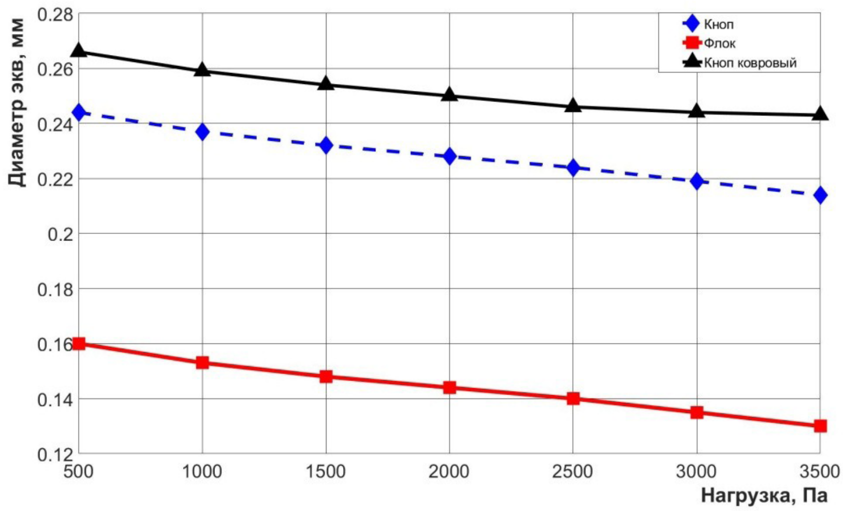


Рисунок 5 – Зависимость эквивалентного диаметра порового канала волокнистой массы от давления прессования

Таблица 3 – Гигроскопичность и сорбционное увлажнение волокнистой массы

Показатель		Тип волокнистой массы		
		Кноп стригальный	Флок	Кноп ковровый
Гигроскопичность, %		3,016	1,51	6,31
Сорбционное увлажнение, %	24 *ч*	10,5	5,26	21,95
	48 *ч*	17,65	9,89	25
	72 *ч*	26,58	12,36	28,21

риала, характеризующую его способность деформироваться под действием внешних сил, и истираемость материала. Прочность позволяет оценивать качество структуры материала и его долговечность.

Испытаниям подвергались образцы материала различного сырьевого состава. Давление прессования варьировали от 500 до 3000 $\boldsymbol{Па}$ с шагом 500 $\boldsymbol{Па}$. Дополнительно замеряли линейные деформации образцов после снятия нагрузки.

Волокнистые материалы в зависимости от состава по-разному реагируют на снятие нагрузки, проявляя свойства упругости или пластичности.

Упругие деформации:

$$\varepsilon_y = \frac{h_1 - h_2}{h_1}, \quad (6)$$

где h_1, h_2 – высота слоя волокнистой массы под нагрузкой и после снятия нагрузки, $\boldsymbol{м}$.

Модуль упругости, характеризующий меру жесткости образца материала, вычисляли по диаграмме «напряжение – деформация» по тангенсу угла наклона к оси абсцисс касательной, проведенной к начальному прямолинейному участку диаграммы.

$$E = \frac{\sigma_p}{\varepsilon}, \quad (7)$$

где E – модуль упругости, $МПа$; ε – относительное удлинение при напряжении растяжения, $\%$; σ_p – напряжение растяжения в образце, $МПа$.

Сущность метода по определению предела сжимаемости материалов заключается в измерении толщины образца при воздействии сжимающей удельной нагрузки (2000±30 $МПа$), после 5 минут выдержки. Сжимаемость вычисляли по формуле:

$$C_ж = \frac{h - h_1}{h_2} \cdot 100 \quad , \qquad (8)$$

где $C_ж$ – сжимаемость, $\%$; h – толщина образца под удельной нагрузкой (500±7,5) $Па$, $мм$; h_1 – толщина образца под удельной нагрузкой (2000±30) $Па$, $мм$.

Результаты проведенных исследований представлены на рисунках 6–8.

По результатам экспериментов, представленным на рисунке 6, установлено, что с увеличением приложенной нагрузки сжимаемость образцов возрастает.

Сжимаемость образцов на основе волокнистой массы кнопа коврового меньше, чем сжимаемость образцов на основе флока и кнопа. В образцах на основе волокнистой массы кнопа коврового количество волокон (таблица 4) и число контактов между ними меньше. Наибольшей сжимаемостью обладают образцы на основе волокнистой массы флока, что объясняется более высокой гибкостью мелкодисперсных волокон.

Экспериментальные данные по упругим деформациям образцов на основе волокнистых масс представлены на рисунке 7.

На рисунке 8 приведена диаграмма деформаций образцов на основе волокнистых масс различного сырьевого состава, определены участки упругой, эластической и пластической деформаций. Наряду с этим, все три составные части деформации развиваются одновременно, хотя и с различными скоростями.

Образцы на основе волокнистой массы кнопа коврового подвержены более быстрому деформированию, медленнее возвращают исходную форму по сравнению с другими образцами. Материалы на основе флока выдерживают более высокую нагрузку (до 3050 $Па$) по сравнению с другими вариантами наполнителей. Разрушение материалов и нарушение связей между волокнами оказывает влияние на механические свой-

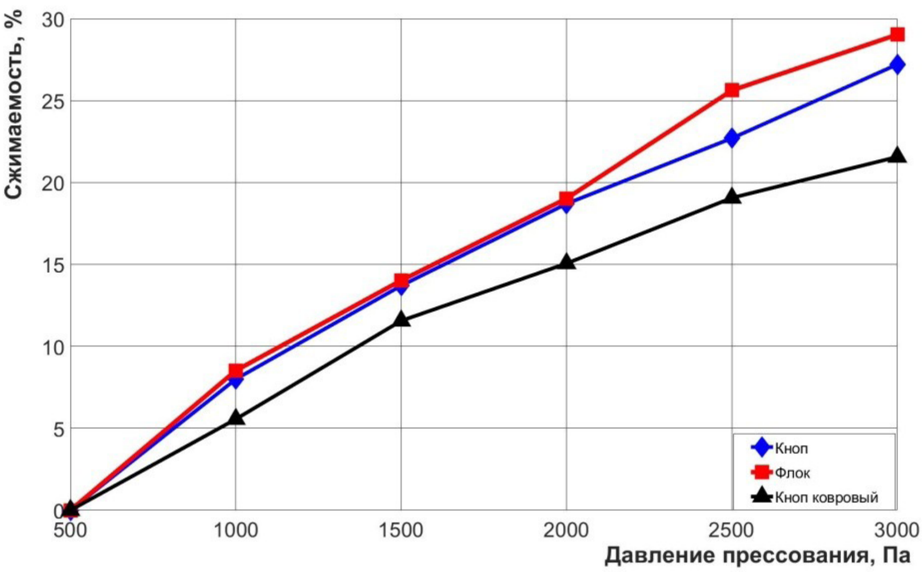


Рисунок 6 – Зависимость сжимаемости образцов материала от давления прессования

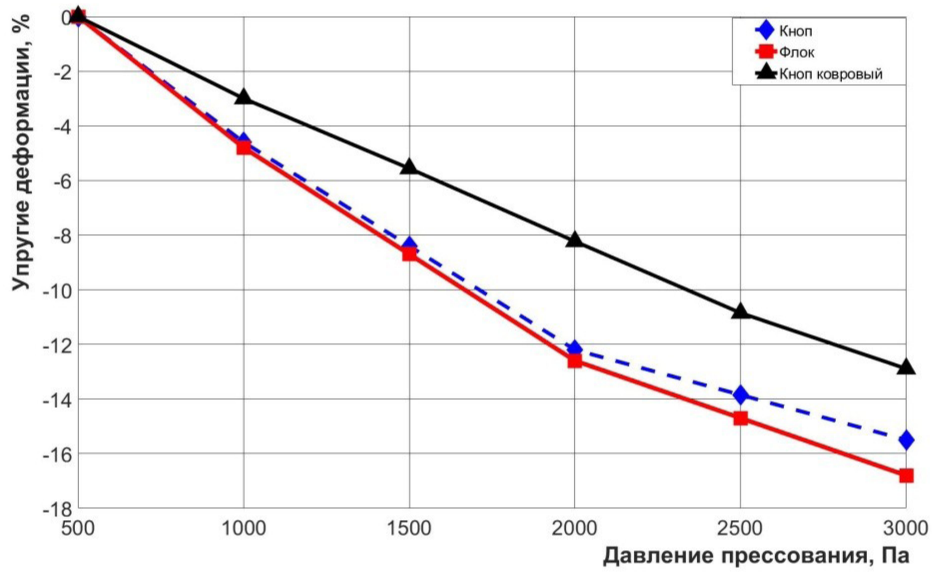


Рисунок 7 – Зависимость упругих деформаций образцов материала от давления прессования

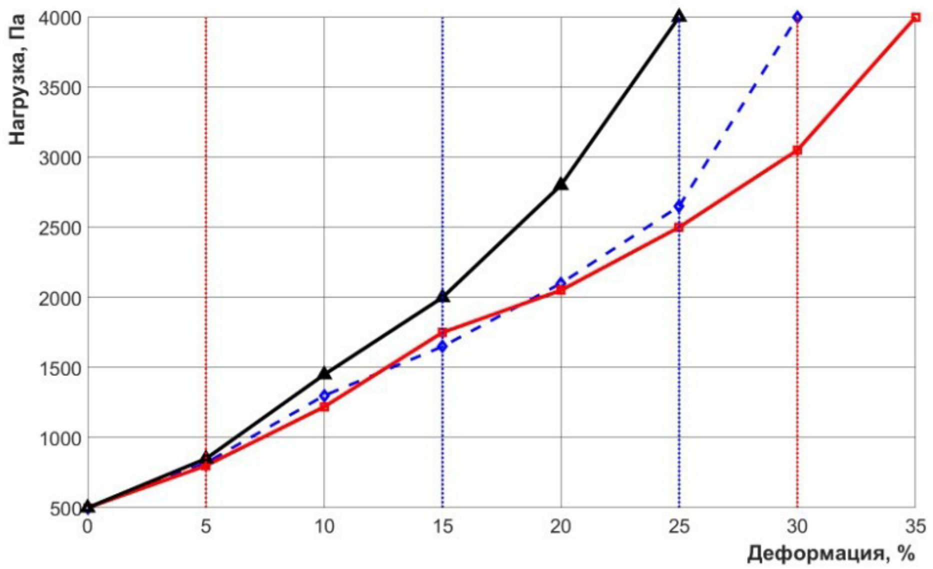


Рисунок 8 – Диаграмма деформаций образцов материала

ства и область применения материалов.

По представленным экспериментальным данным был рассчитан модуль упругости. Для образцов на основе кнопа коврового модуль упругости равен 0,01 $\boldsymbol{МПа}$, а для образцов на основе флока – 0,0062 $\boldsymbol{МПа}$.

5. Исследование теплофизических свойств образцов материалов

Для увеличения термического сопротивления теплопередачи необходимо использование

Таблица 4 – Расчетное количество волокон

Тип волокнистой массы в образцах материала	Количество волокон, $N_в \cdot 10^{-9}$ *шт*					
	Давление прессования, *Па*					
	500	1000	1500	2000	2500	3000
Кноп стригальный	152,0946	161,7786	170,4036	179,0286	185,9136	192,7986
Флок	162,36	172,044	180,669	189,294	196,179	203,064
Кноп ковровый	15,233	16,024	16,709	17,394	17,899	18,404

теплоизоляционных материалов, характеризующихся низкой теплопроводностью, гигроскопичностью, температуропроводностью, высокой огнетермостойкостью. Вывод зависимостей и результаты исследований отражены в работе [13].

Для испытания были представлены следующие образцы, изготовленные по второму способу:

Пакет № 1 – Стеклопластик (РСТ), слой мелкодисперсного материала (кноп стригальный), стеклоткань + связующее (клей УР600);

Пакет № 2 – Стеклопластик (РСТ), слой мелкодисперсного материала (кноп ковровый), стеклоткань, слой мелкодисперсного материала (кноп ковровый), стеклопластик (РСТ) + связующее (клей ADCOTE 675A+675C);

Пакет № 3 – Стеклопластик (РСТ), слой мелкодисперсного материала (флок), стеклоткань + связующее УР600.

Коэффициент теплопроводности (λ) показывает степень интенсивности прохождения тепла через массу материала. Чем больше абсолютное значение коэффициента теплопроводности материала, тем ниже (меньше) его теплоизоляционные свойства. Величина коэффициента теплопроводности для одного и того же материала не является постоянной, а может изменяться в зависимости от объемного веса, влажности, температуры, воздухопроницаемости и направления теплового потока.

Коэффициент теплопроводности находили из соотношения:

$$\lambda = \frac{Q}{t_{c1} - t_{c2}} K \quad , \qquad (9)$$

где Q – тепловой поток, $Вт$; $t_{c1} - t_{c2}$ – перепад температур на стенках материала, K – коэффициент формы исследуемого материла, для неограниченного плоского тела, который рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{\delta}{F_P} \quad , \qquad (10)$$

где δ – толщина плоского слоя, $м$; F_p – его расчетная поверхность, нормальная к направлению теплового потока, $м^2$.

Коэффициент температуропроводности плохих проводников тепла, при условии, что $Bi = \infty$ (практически $Bi \geq 100$), определяли из выражения:

$$a = \left(\frac{2\delta}{\pi}\right)^2 m_\infty \quad , \qquad (11)$$

где m_∞ – темп охлаждения и нагрева.

Основные усредненные значения коэффициента теплопроводности λ и коэффициента температуропроводности a представлены в таблице 5.

Сравнительная характеристика материалов показала, что эффективным для использования в качестве теплоизоляционного материала является пакет № 3, с наилучшими показателями коэффициентов температуропроводности и теплопроводности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подчеркивая не только научное, но и практическое значение работы, необходимо выделить следующие моменты:

– все представленные волокнистые массы различного состава в процессе диспергирова-

Таблица 5 – Усредненные значения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности

Образцы материалов	Коэффициент формы $K, м^{-1}$	Коэффициент теплопроводности $\lambda, Вт/(м \cdot К)$	Коэффициент температуропроводности $a, м^2/сек$
Пакет 1	0,0375	0,03221	$0{,}456 \cdot 10^{-6}$
Пакет 2	0,075	0,0382	$0{,}183 \cdot 10^{-6}$
Пакет 3	0,035	0,03139	$0{,}398 \cdot 10^{-6}$

ния и распределения частиц по размерам относятся к мелкодисперсным с размерами частиц от 0,1 до 10 $мкм$;

– с увеличением давления прессования наблюдается увеличение насыпной плотности образцов. Наибольшей насыпной плотностью обладает волокнистая масса флока, то есть уменьшение геометрических размеров волокна приводит к уменьшению количества волокон в единице объема и числа контактов между ними, что приводит к снижению сопротивляемости образцов внешнему давлению;

– волокнистые массы кнопа коврового и флока характеризуются невысокими показателями гидрофизических свойств, гигроскопичность волокнистой массы флока составляет 1,51 %, сорбционное увлажнение – 5,26 %;

– образцы на основе флока выдерживают большую нагрузку (до 3050 $Па$) по сравнению с другими вариантами наполнителей;

– экспериментально подтверждена возможность получения образцов теплоизоляционных материалов с коэффициентом теплопроводности 0,0314 $Вт/(м \cdot К)$.

Использование ультратонких и мелкодисперсных волокон в готовых теплоизоляционных изделиях позволяет придать последним уникальные потребительские свойства и в значительной степени расширить их область применения. В свою очередь, применение флока ворсового придает материалам не только декоративные свойства, но и улучшает теплоизоляционные (покрытие толщиной 2 $мм$ заменяет 10-миллиметровый полистирол) и звукоизоляционные (до 13 % звукопоглощения) свойства, а также повышает прочность изделий, износостойкость и удобство в уходе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Отходы производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.belfa.by/rent/production/. – Дата доступа 07.03.2021.

2. Отходы для вторичного использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vitcarpet.by/catalogue/othody/. – Дата доступа 07.03.2021.

3. Папков, С. П. (1972), *Физико-химические основы процессов формования искусственных и синтетических волокон*, М., Химия, 312 с.

REFERENCES

1. *Othody proizvodstva* [Production waste] (2021), access mode: http://www.belfa.by/rent/production/ (accessed March 7, 2021).

2. *Othody dlya vtorichnogo ispolzovaniya* [Waste for recycling] (2021), access mode : http://www.vitcarpet.by/catalogue/othody/ (accessed March 7, 2021).

3. Papkov, S. P. (1972), *Phiziko-himicheskie osnovy processov phormovaniya iskusstvennyh i sinteticheskih volokon* [Physicochemical fundamentals of the processes of forming artificial

4. Жмыхов, И. Н., Геллер, В. Э., Акулич, А. В. (2019), *Оборудование и основы проектирования и производства химических волокон,* М., Вышэйшая школа, 378 с.

5. Кнаппе Файзаль Х.-Й. (DE). Патент РФ: Пат. RU 2518378 С2, МПК (2014), B29C 70/20, B29C 70/34, B29B 15/12, C08J 5/24, D020G 3/34 (2006.01), *Волокнистый композиционный материал и способ его изготовления*. Опубл. 10.06.2014. Бюл. № 16, 21 с.

6. Шварц Штефан (DE), Штюбигер Вернер (DE), Петцольдт Сузанне (DE). Патент РФ: Пат. RU 2501900 C1, МПК (2013), D06N 7/00 (2006.01), *Текстильное композитное изделие*. Опубл. 20.12.2013. Бюл. № 35, 40 с.

7. Муэллер Дональд С. (US), Сонг Вейксин (US), Сао Бэнджий (US). Патент РФ: Пат. RU 2485229 С2, МПК (2013), D04H 1/42 (2012.01), *Нетканый материал и способ получения такого материала*. Опубл. 20.06.2013. Бюл. № 17, 25 с.

8. СТБ 1995-2009. *Плиты теплоизоляционные из минеральной ваты. Технические условия,* Введ. 2010.-07.-01, Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, Минск, 2010, 26 с.

9. ГОСТ 31309-2005. *Материалы строительные теплоизоляционные на основе минеральных волокон. Общие технические условия,* Введ. 2007.-04.-01, Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, Минск, 2007, 16 с.

10. Кукин, Г. Н. (1989), *Текстильное материаловедение (волокна и нити): учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп.*, М., Легпромбытиздат, 352 с.

11. Чукасова-Ильюшкина, Е. В. (2008), *Технология многослойных текстильных материалов с использованием коротковолокнистых отходов*: дис. ... кан. тех. наук: 05.09.02; Витеб. гос. технол. ун-т, Витебск, 2008, 288 с.

and synthetic fibers], M., Chemistry, 312 p.

4. Zhmyhov, I. N., Geller, V. E., Akulich, A. V. (2019), *Oborudovanie i osnovy proektirovaniya i proizvodstva himicheskih volokon* [Equipment and fundamentals of design and production of chemical fibers], M., Vysshaya shkola, 378 p.

5. Knappe Fajzal' Kh.-J. (DE). Patent RF: RU 2518378 C2, Int. B29C 70/20, B29C 70/34, B29B 15/12, C08J 5/24, D020G 3/34 (2006.01), *Fibrous composite and method of its production* [Voloknisty kompozicionnyi material i sposob ego izgotovleniya]. Opubl. 10.06.2014. Bul. № 16, 21 p.

6. Shvarts Shtefan (DE), Shtjubiger Verner (DE), Pettsol'dt Suzanne (DE). Patent RF: Pat. RU 2501900 C1, MPK (2013), Int. D06N 7/00 (2006.01), *Tekstil'noe kompositnoe izdelie* [Textile composite product]. Opubl. 20.12.2013. Bul. № 35, 40 c.

7. Muehller Donal'd S. (US), Song Vejksin D. (US), Sao Behndzhij (US). Patent RF: Pat. RU 2485229 C2, MPK (2013), Int. D04H 1/42 (2012.01), *Netkany material i sposob polucheniya takogo materiala* [Non-woven fabric and method of manufacture of such material]. Opubl. 20.06.2013. Bul. № 17, 25 p.

8. STB 1995-2009. *Mineral wool insulating boards*, Introduction, 2010.-07.-01, Committee for Standartization of the Republic of Belarus, Minsk, 2010, 26 p.

9. GOST 31309-2005. *Building heat-insulating mineral fibers materials. General specifications*, Introduction, 2007.-04.-01, Committee for Standartization of the Republic of Belarus, Minsk, 2007, 16 p.

10. Kykin, G. N. (1989), *Tekstil'noe materialovedenie (volokna i niti)* [Textile materials science (fibers and yarns)], M., Legprombytizdat, 352 p.

11. Chukasova-Il'yushkina, E. V. (2008), *Tehnolo-*

12. Громаков, Н. С. (2015), *Дисперсные системы и их свойства: учебное пособие по коллоидной химии*, Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект. – строит. ун-та, 2015, 91 с.

13. Парманчук, В. В. (2014), Исследование теплофизических свойств многослойных теплоизоляционных материалов, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2014, № 2 (27), С. 87–93.

giya mnogoslojnyh tekstil'nyh materialov s ispol'zovaniem korotkovoloknistyh othodov [Technology of multilayer textile materials using short-fiber waste: dis. … kan. teh. nayk: 05.09.02], Vitebsk. state tehnol. un-t, Vitebsk, 288 p.

12. Gromakov, N. S. (2015), *Dispersnye sistemy i ih svojstva: uchebnoe posobie po kolloidnoj himii* [Dispersed systems and their properties. Textbook on colloidal chemistry], Kazan: Kazan State University of Architecture and Engineering, 91 p.

13. Parmanchuk, V. V. (2014), Study of thermo physical properties of multilayered thermal insulation textile material [Issledovanie teplophizicheskih svojstv mnogoslojnyh teploizolyacionnyh materialov], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2014, № 2 (27), pp. 87–93.

Статья поступила в редакцию 17. 11. 2021 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЛОКОН BEKINOX НА УДЕЛЬНОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТКАНЕЙ

DETERMINATION OF THE EFFECT OF BEKINOX FIBERS ON THE FABRICS SPECIFIC SURFACE ELECTRICAL RESISTANC

УДК 677.024.1
https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-73-80

Д.Б. Рыклин*, Д.И. Кветковский
Витебский государственный технологический университет

D. Ryklin*, D. Kvetkovsky
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

АНТИСТАТИЧЕСКАЯ ТКАНЬ, УДЕЛЬНОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, ВОЛОКНО BEKINOX, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ

Объект исследований – антистатические ткани, содержащие в своем составе стальные волокна Bekinox. Цель работы – определение минимального количества волокон Bekinox в ткани, обеспечивающего заданный уровень антистатических свойств, для последующего учета полученной информации при разработке методики проектирования тканей специального назначения. В результате статистической обработки экспериментальных данных построена математическая модель, описывающая зависимость удельного поверхностного электрического сопротивления тканей от процентного содержания в их структуре стальных волокон Bekinox в диапазоне от 0 до 1 %. Установлено, что отклонение фактического значения удельного электрического сопротивления тканей от расчетного не превышает 1 порядка независимо от расположения в их структуре антистатических нитей. На основании анализа полученной модели и требований, предъявляемых к антистатическим тканям, разработаны рекомендации по их проектированию.

ABSTRACT

ANTISTATIC FABRIC, SURFACE ELECTRICAL RESISTIVITY, BEKINOX FIBER, FABRIC DESIGN

The object of research is antistatic fabrics containing Bekinox steel fibers. The aim of the work is to determine the minimum percentage of Bekinox fibers in a fabric which provides a required level of antistatic properties. The information received will be used for development of the method to design fabrics for special application. As a result of statistical processing of experimental data a mathematical model was developed that describes the dependence of the surface electrical resistance of fabric on the Bekinox steel fibers percentage in their structure in the range from 0 to 1 %. It was found that the deviation of the observed value of the electrical resistance of fabrics from the predicted one does not exceed 1 degree of order regardless of the location of antistatic yarns in their structure. Based on the analysis of the resulting model and the requirements for antistatic fabrics recommendations for their design have been developed.

Одним из наиболее перспективных направлений расширения ассортимента текстильных материалов, выпускаемых белорусскими предприятиями, является создание новых видов тканей для изготовления специальной одежды, характеризующихся комплексом свойств, соответствующих требованиям, предъявляемым с учетом конкретного вида деятельности работника, для которого данная одежда предназначена.

Известно, что спецодежда работников раз-

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

личных профессий должна обеспечивать безопасность труда, предохранять от воздействия вредных факторов (метеорологических, механических, химических, физических, биологических), сохраняя нормальное функциональное состояние человека, его работоспособность в течение всего рабочего времени.

Склонность традиционных текстильных волокон, в особенности синтетических, к накоплению зарядов статического электричества существенно ухудшает эксплуатационные свойства одежды. Опасным последствием наличия электростатического потенциала на одежде является то, что он может быть достаточно высоким для того, чтобы стать причиной опасных искровых разрядов [1]. Скопление статического напряжения во взрывоопасной среде опасно тем, что искра даже самой низкой энергии, образующаяся при трении предметов или элементов одежды друг о друга, способна привести к возгоранию или даже взрыву [2]. Длительное действие статического электричества отрицательно влияет на организм человека, вызывая ряд биологических изменений: чувство подавленности, страха, аллергию, бронхиальную астму и бронхит, отек ног, боли в сердце, варикозное расширение вен и т. д. Полностью предотвратить образование статического электричества практически невозможно. Поэтому очень важно, чтобы ткань для технологической одежды имела низкую склонность к электризации при трении и, главное, способность быстро рассеивать возникающий заряд, не допуская его накапливания [3].

В настоящее время разработка текстильных материалов с антистатическими и экранирующими свойствами является одним из наиболее перспективных направлений развития ассортимента материалов технического назначения. Существует множество способов придания текстильным нитям электропроводных свойств, основными их которых на сегодняшний день являются нанесение на поверхность синтетических нитей тонкого слоя металлизированного или углеродного покрытия и использование электропроводящих компонентов в структуре нитей.

Наибольший интерес для Республики Беларусь представляет использование в составе тканей пряжи с вложением волокон Bekinox компании Bekaert [4]. Данное волокно представляет собой отрезки проволоки из нержавеющей стали. Выпуск смешанной пряжи с вложением волокон Bekinox в сочетании с другими волокнами освоен на ОАО «Гронитекс».

За последние годы исследователями разных стран проведены работы по разработке текстильных материалов с вложением волокон Bekinox для достижения антистатических [5] и экранирующих свойств [6]. В результате проведенных исследований доказана эффективность использования пряжи, содержащей стальные волокна, для обеспечения высоких антистатических свойств тканей.

Однако в настоящее время в литературных источниках нет однозначного ответа на вопрос о том, какого количества электропроводящих волокон в составе ткани достаточно для достижения требуемого уровня антистатических свойств. Словенская компания Predilnica Litija рекомендует для решения данной проблемы использовать пряжу с вложением 20 % волокон Bekinox, располагая ее в структуре ткани в виде полос или сетки, а в случае получения ткани только из пряжи, в состав которой входят стальные волокна, придерживаться их процентного содержания не ниже 2 %.

Необходимо обратить внимание на то, что волокна из нержавеющей стали более чем на порядок превосходят по цене традиционные виды текстильного сырья, в связи с чем решение задачи их рационального использования в значительной степени оказывает влияние на конкурентоспособность разрабатываемых тканей специального назначения. Поэтому на этапе проектирования тканей необходимо стремиться к минимизации содержания волокон Bekinox при условии достижения требуемых показателей качества выпускаемой продукции.

С учетом вышесказанного целью данной работы являлось определение минимального количества волокон Bekinox в ткани, обеспечивающего заданный уровень антистатических свойств, для последующего учета полученной информации при разработке методики проектирования тканей специального назначения.

Требования к антиэлектростатической специальной одежде приведены в ГОСТ 12.4.124-83 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества.

Общие технические требования». Указано, что для изготовления антиэлектростатической специальной одежды должны применяться материалы с удельным поверхностным электрическим сопротивлением не более 10^7 $Ом$, определенным по ГОСТ 19616-74 «Ткани и трикотажные полотна. Метод определения удельного поверхностного электрического сопротивления».

С учетом указанного требования для определения минимально допустимого процентного содержания волокон Bekinox в ткани необходимо определить влияние данного фактора на величину ее удельного поверхностного электрического сопротивления.

С целью разработки математической модели, описывающей влияние процентного содержания волокон Bekinox на удельное поверхностное электрическое сопротивление тканей, на ткацком танке СТБ-2-175 была осуществлена наработка тканей, в которых в качестве антистатической нити использовалась смешанная пряжа линейной плотности 20 $текс$ × 2, содержащая 90 % полиэфирного волокна и 10 % стальных волокон Bekinox.

Полученные образцы можно разделить на две группы в зависимости от расположения антистатических нитей в их структуре:

– ткани, в которых антистатические нити располагаются вдоль одной из систем нитей (основы или утка) на следующих расстояниях друг от друга: 4,5 $мм$, 7 $мм$, 9 $мм$;

– ткани, в которых из антистатических нитей формировалась сетка с квадратной ячейкой следующих размеров: 4,5 × 4,5 $мм$, 7 × 7 $мм$, 9 × 9 $мм$, 14 × 14 $мм$, 18 × 18 $мм$.

Содержание стальных волокон Bekinox в ткани изменялось от 0 (базовая ткань) до 1,03 %. Характеристика базовой ткани, не содержащей волокна Bekinox, представлена в таблице 1.

Удельное поверхностное электрическое сопротивление образцов тканей в виде прямоугольных полос ткани размером 100 × 200 $мм$ определялось на приборе ИЭСТП-2 в условиях Испытательного центра УО «ВГТУ» и на приборе ИЭСТП-1 лаборатории ОАО «Моготекс». Данные приборы предназначены для измерения электрического сопротивления на поверхности текстильных полотен с целью оценки электростатических свойств и эффективности антистатических обработок тканей, трикотажных полотен и других плоских текстильных материалов. Несмотря на то, что приборы несколько отличаются по конструкции, их использование для определения удельного поверхностного электрического сопротивления согласно ГОСТ 19616-74 считается равнозначным.

Так как признание текстильного материала в качестве антистатического зависит от порядка удельного поверхностного электрического сопротивления p_s ($Ом$), представляет интерес разработка математической модели, описывающей влияние процентного содержания электропроводящего компонента β (%) на десятичный логарифм данного показателя.

Таблица 1 – Характеристика базовой ткани

Наименование показателя	**Значение показателя**
Вид переплетения	саржа 2/2
Состав: – основа – уток	 хлопчатобумажная пряжа, 25 $текс$ ×2 хлопкольняная пряжа, 25 $текс$ ×2
Плотность ткани, $нит./10\ см$: – по основе – по утку	 174 180
Уработка нитей, %: – по основе – по утку	 5,5 5,9
Поверхностная плотность, $г/м^2$	187,7

Анализ результатов измерений показал, что с увеличением процентного содержания волокна Bekinox в ткани логарифм удельного поверхностного сопротивления монотонно снижается, асимптотически приближаясь к некоторой величине. В связи с этим принято решение при проведении статистической обработки полученных данных для описания данной зависимости использовать модель следующего вида:

$$lg\left(p_S\right) = a + \frac{b}{10^{k\beta}} \quad , \tag{1}$$

где β– процентное содержание волокна Bekinox в ткани; a, b и k – эмпирические коэффициенты, значения которых определяются в результате статистической обработки экспериментальных данных.

Сумма коэффициентов (a + b) характеризует свойства базовой ткани, выработанной без использования антистатических нитей. При этом коэффициент a соответствует порядку значения удельного поверхностного электрического сопротивления в случае полного покрытия ткани электропроводящим материалом. Коэффициент k характеризует интенсивность снижения удельного поверхностного электрического сопротивления ткани по мере повышения процентного содержания в ней электропроводящих волокон.

В ходе статистической обработки результатов проведенного эксперимента определены коэффициенты регрессионной модели, значения и оценка значимости которых представлены в таблице 2.

В упрощенном виде, удобном для инженерных расчетов, модель имеет следующий вид:

$$lg\left(p_S\right) = 4,7 + \frac{4}{10^{3\beta}} \quad . \tag{2}$$

Зависимость десятичного логарифма удельного поверхностного электрического сопротивления от процентного содержания волокон Bekinox в ткани, полученная с использованием формулы (2), представлена на рисунке 1.

В результате расчета по формуле (2) установлено, что удельное поверхностное электрическое сопротивление ткани рассматриваемой структуры достигает значения 10^7 $\boldsymbol{Ом}$ при содержании стального волокна Bekinox в ней, равного 0,08 %.

Однако электрофизические свойства ткани могут существенно варьироваться по ряду причин:

1. Неравномерность по составу нитей, содержащих волокна Bekinox.

2. Миграция электропроводящих волокон и ворсистость пряжи, следствием чего на некоторых участках нити стальные волокна могут находиться не на поверхности ткани, а покрываться неэлектропроводящими волокнами (в исследуемом случае – полиэфирными).

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно отметить, что, несмотря на достаточно высокое значение коэффициента детерминации регрессионной модели R^2 = 0,9, для некоторых образцов имели место единичные существенные отклонения результатов прогнозирования от фактических значений оцениваемого свойства. Максимальное отклонение составило 0,8 порядка.

Значительная вариативность показателя «удельное поверхностное электрическое сопро-

Таблица 2 – Коэффициенты регрессионной модели и оценка их значимости

Обозначение коэффициента	**Значение коэффициента**	**Расчетное значение критерия Стьюдента**	**Табличное значение критерия Стьюдента при (p = 0,95, k = 17)**
a	4,688	24,6	2,11
b	4,018	11,9	
k	3,046	4,90	

Рисунок 1 – Влияние процентного содержания волокон Bekinox в ткани на ее удельное поверхностное электрическое сопротивление в соответствии с формулой (2)

тивление» отмечается и в литературе. Так, в международном стандарте ГОСТ EN 1149-1-2018 «Одежда специальная защитная. Электростатические свойства. Часть 1. Метод испытания для измерения удельного поверхностного сопротивления» указывается на то, что применяемый метод дает расхождение результатов измерений между разными испытательными лабораториями вплоть до 10 раз, то есть до 1 порядка.

В связи с этим при проектировании ткани с использованием исследуемой пряжи можно рекомендовать принимать запас в один порядок, то есть устанавливать при проектировании более жесткое ограничение, согласно которому удельное поверхностное электрическое сопротивление не должно превышать 10^6 $\boldsymbol{Ом}$. В соответствии с формулой (2) данное значение достигается при содержании в ткани 0,163 % волокон Bekinox.

Как указывалось выше, в исследуемых тканях пряжа с электропроводящим компонентом располагалась в экспериментальных образцах ткани в виде полос и в виде сетки. При этом формула (2) получена без учета характера расположения в структуре ткани антистатической пряжи. В связи с этим представляет интерес анализ влияния данного фактора на отклонение фактического значения удельного поверхностного сопротивления от результатов прогнозирования.

На рисунке 2 представлены экспериментальные данные, полученные для тканей с разным расположением антистатической пряжи, в сопоставлении с результатами расчета по формуле (2). Представленные экспериментальные данные получены на приборе ИЭСТП-2 в условиях Испытательного центра УО «ВГТУ».

Анализируя представленную диаграмму, можно отметить, что для тканей с вложением 0,25 % и 0,5 % волокон Bekinox, прогнозное значение ближе к фактическому при расположении антистатических нитей в виде полос вдоль основы. При формировании сетки из пряжи, содержащей волокна Bekinox, удельное поверхностное электрическое сопротивление несколько снижается. Можно отметить, что отклонение фактического значения от прогнозного не превышает одного порядка, что позволяет сделать вывод о возможности использования полученных рекомендаций при различном расположении антистатических нитей в ткани.

Процентное содержание волокна Bekinox в ткани можно определить по следующей форму-

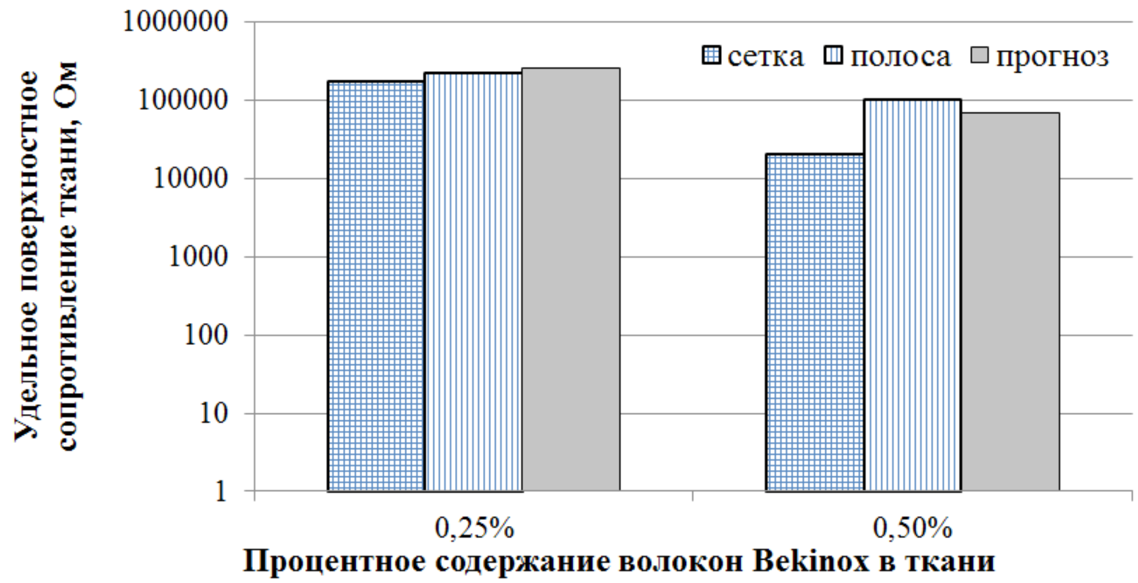


Рисунок 2 – Влияние расположения антистатических нитей в ткани на ее удельное поверхностное электрическое сопротивление

ле (без учета разницы уработок нитей основы и утка)

$$\beta_T = \frac{\beta_П \cdot (P_{ВО} + P_{ВУ}) \cdot T_В}{(P_О - P_{ВО}) \cdot T_О + (P_У - P_{ВУ}) \cdot T_У + (P_{ВО} + P_{ВУ}) \cdot T_В}, \quad (3)$$

где $\beta_П$ – содержание волокон Bekinox в антистатической пряже, %; $P_О$ и $P_У$ – плотности нитей базовой ткани по основе и утку, ***нит./10 см***; $P_{ВО}$ и $P_{ВУ}$ – плотности антистатических нитей по основе и утку, ***нит./10 см***; $T_О$ и $T_У$ – линейные плотности нитей основы и утка базовой ткани, ***текс***; $T_В$ – линейная плотность пряжи, содержащей волокна Bekinox, ***текс***.

После преобразований формулы (3) получаем формулы для расчета плотности антистатических нитей, обеспечивающей заданное процентное содержание волокон Bekinox:

– плотность по основе при расположении нитей в виде полос

$$P_{ВО} = \frac{\beta_T (P_О \cdot T_О + P_У \cdot T_У)}{\beta_П \cdot T_В - \beta_T \cdot (T_В - T_О)}, \quad (4)$$

– плотность по основе и утку при расположении нитей в виде сетки с квадратной ячейкой

$$P_{ВО} = \frac{\beta_T (P_О \cdot T_О + P_У \cdot T_У)}{2\beta_П \cdot T_В - \beta_T \cdot (2T_В - T_О - T_У)}. \quad (5)$$

Подставляя данные о характеристиках базовой ткани, приведенные в таблице 1, получаем, что необходимое процентное содержание волокон Bekinox в ткани β_T = 0,163 % достигается при плотности 7,2 ***нит./10 см*** при расположении их в виде полос и при плотности 3,6 ***нит./10 см***. В первом случае расстояние между антистатическими нитями в ткани составляет 14 ***мм***, а во втором – 28 ***мм***.

Формула (2) и основанные на ней рекомендации могут быть использованы в случае, если базовая ткань выработана из натуральных волокон. Однако проектируемая ткань может производиться и на основе базовой ткани из синтетических волокон, что приводит к необходимости корректировки формулы (2).

Исследования показали, что электрическое сопротивление хлопчатобумажной и полиэфирной пряжи может отличаться на порядок [7]. Данное различие вполне объяснимо существенной разницей в кондиционной влажности исследуемых образцов пряжи. При этом образец пряжи, полученной их смесей 90 % хлопка и 10 % волокна Bekinox, характеризуется сопротивлением только в 1,5 раза ниже, чем образец из 90 % полиэфирного волокна и 10 % волокна Bekinox. Следовательно, можно сделать вывод о том, что при значительном количестве стальных волокон в ткани влияние свойств неэлектропроводящих волокон существенно снижается, а порядок значения удельного поверхностного электрического сопротивления практически не зависит от свойств базовой ткани.

С учетом данного вывода для тканей из синтетических волокон значение коэффициента a в формуле (2), характеризующего удельное поверхностное электрическое сопротивление ткани с максимальным покрытием стальными волокнами, не изменяется, а коэффициент b увеличивается на единицу.

Таким образом, в случае использования базовой синтетической ткани формула (2) приобретает вид

$$lg\left(p_s\right)=4,7+\frac{5}{10^{3\beta}} \quad . \tag{6}$$

При установленном ограничении на величину удельного поверхностного электрического сопротивления 10^6 $Ом$ минимально допустимое содержание волокон Bekinox в синтетических тканях составляет 0,195 %, что соответствует расстоянию между антистатическими нитями в виде полос 11,6 $мм$ (8,6 $нит./10\ см$), при формировании из них сетки в структуре ткани – 23,2 $мм$ (4,3 $нит./10\ см$).

Значения эмпирических коэффициентов и рекомендации, полученные на основании анализа экспериментальных данных, являются ориентировочными и будут уточнены на последующих этапах работы с учетом влияния вида переплетения ткани, а также процентного содержания волокон Bekinox в антистатической пряже.

ВЫВОДЫ

1. В результате статистической обработки экспериментальных данных построена регрессионная модель, описывающая зависимость удельного поверхностного электрического сопротивления тканей от процентного содержания в их структуре стальных волокон Bekinox в диапазоне от 0 до 1 %.

2. Установлено, что отклонение фактического значения удельного электрического сопротивления тканей от расчетного не превышает 1 порядка независимо от расположения в их структуре антистатических нитей.

3. С учетом колебаний электрофизических свойств текстильных полотен при проектировании тканей с заданным уровнем антистатических свойств рекомендовано принимать минимальное допустимое содержание волокон Bekinox 0,163 % в случае использования антистатической пряжи с вложением 10 % стальных волокон, если базовая ткань выработана из натуральных волокон. При производстве синтетических антистатических тканей рекомендовано повышение содержания волокон Bekinox в них до 0,195 % и более.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р ЕН 1149-5-2008. *Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная. Электростатические свойства. Общие технические требования*, Москва: Стандартинформ, 2009.

2. Антистатическая нить [Электронный ресурс]. –

REFERENCES

1. GOST R EN 1149-5-2008. *Occupational safety standards system. Special protective clothing. Electrostatic properties. General technical requirements*, Moscow: Standardinform, 2009.

2. Antistaticheskaya nit' [Antistatic thread], (2021), available at: https://vostok.ru/customers/tehnologii/odezhda/1608 (accesed 03.10.2021).

Режим доступа: https://vostok.ru/customers/tehnologii/odezhda/1608, дата доступа: 03.10.2021.

3. *Antistatic fibers and yarns for textiles* (2021), available at: https://www.bekaert.com/en/products/basic-materials/textile/anti-static-fibers-and-yarns-for-textiles (accesed 02.10.2021).

4. Власенко, В. И., Левицкая, Н. Г., Арабули (Ковтун), С. И., Никольский, В. В. (2010), Антистатические свойства тканей для технологической одежды и электростатическая безопасность чистых производственных помещений, *Фармацевтическая отрасль*, 2010, № 6 (23), С. 78–81.

5. Vasile, S., Deruck, F., Hertleer, C., De Raeve, A., Ellegiers, T., De Mey, G. (2016), Study of the Contact Resistance of Interlaced Stainless Steel Yarns Embedded in Hybrid Woven Fabrics, *AUTEX Research Journa*l, 2016, pp. 1–7, available at: https://biblio.ugent.be/publication/8520807/file/8520813.pdf.

6. Radulescu, I. R., Surdu, L., Scarlat, R., Constantin, C., Mitu, B., Morari, C., Costea, M. (2021), Modelling the Woven Structures with Inserted Conductive Yarns Coated with Magnetron Plasma and Testing Their Shielding Effectiveness, *Textiles*, 2021, 1, pp. 4–20.

7. Medvetski, S. S., Ryklin, D. B., Davidziuk, V. V. (2021), Research of influence of blended yarn structure including stainless steel fibers on its properties, *ICTTE 2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1031*, 2021, 012042.

3. *Antistatic fibers and yarns for textiles* (2021), available at: https://www.bekaert.com/en/products/basic-materials/textile/anti-static-fibers-and-yarns-for-textiles (accesed 02.10.2021).

4. Vlasenko, V. I., Levitskaya, N. G., Arabuli (Kovtun), S. I., Nikolsky, V. V. (2010), Antistatic properties of fabrics for industrial clothing and electrostatic safety of clean industrial premises [Antistaticheskie svojstva tkanej dlya tekhnologicheskoj odezhdy i elektrostaticheskaya bezopasnost' chistyh proizvodstvennyh pomeshchenij], *Farmacevticheskaya otrasl' – Pharmaceutical industry,* 2010, № 6 (23), pp. 78–81.

5. Vasile, S., Deruck, F., Hertleer, C., De Raeve, A., Ellegiers, T., De Mey, G. (2016), Study of the Contact Resistance of Interlaced Stainless Steel Yarns Embedded in Hybrid Woven Fabrics, *AUTEX Research Journal*, 2016, pp. 1–7, available at: https://biblio.ugent.be/publication/8520807/file/8520813.pdf.

6. Radulescu, I. R., Surdu, L., Scarlat, R., Constantin, C., Mitu, B., Morari, C., Costea, M. (2021), Modelling the Woven Structures with Inserted Conductive Yarns Coated with Magnetron Plasma and Testing Their Shielding Effectiveness, *Textiles*, 2021, 1, pp. 4–20.

7. Medvetski, S. S., Ryklin, D. B., Davidziuk, V. V. (2021) Research of influence of blended yarn structure including stainless steel fibers on its properties, *ICTTE 2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1031*, 2021, 012042.

Статья поступила в редакцию 23. 10. 2021 г.

АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГЕЛЕНКОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СТЕКЛОТКАНИ

ANALYSIS OF TECHNOLOGY ELEMENTS FOR PRODUCING SHANK FROM A COMPOSITE FIBERGLASS MATERIAL

УДК 685.34.073.39

В.И. Столяренко*, В.И. Ольшанский
Витебский государственный технологический университет

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-81-89

V. Stolyarenko*, V. Alshanski
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ГЕЛЕНОК, КОМПОЗИТ, СТЕКЛОВОЛОКНО, ОБУВЬ, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГЕЛЕНКОВ, МЕТОДЫ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ, ЭПОКСИДНЫЙ СТЕКЛОПЛАСТИК

Предмет исследования: технологический процесс производства геленка из многокомпонентного композиционного материала.

Цель: разработка технологии производства геленка из многокомпонентных материалов на основе стекловолокна.

В работе использовались опытно-аналитические методы исследования. В результате выбраны компоненты и разработаны элементы оригинального технологического процесса производства стелечного узла, содержащего геленок из многокомпонентых композиционных материалов на основе стеклоткани. Произведен анализ возможности физической модификации компонентов с целью повышения их механических свойств. Экспериментально подтверждена эффективность модификации композиционного материала УФ-излучением с целью повышения механических свойств. Область применения техпроцесса – обувная промышленность.

ABSTRACT

SHANK, COMPOSITE, FIBERGLASS, FOOTWEAR, SHANK PRODUCTION TECHNOLOGY, PHYSICAL MODIFICATION METHODS, EPOXY FIBERGLASS

Subject of research: technological process of manufacturing a shank from a multicomponent composite material.

Objective: development of technology for the production of a shank from multicomponent materials based on fiberglass.

An original technological process for manufacturing a shank consisting of a multicomponent composite material, epoxy binder and fiberglass filler has been developed. The requirements for shanks and their manufacturing technology have been taken into account. The choice of material components and elements of the technological process has been made. Variants of physical modification of material components are selected. The influence of ultraviolet radiation on the properties of the binder has been investigated. The efficiency of using ultraviolet radiation at the initial stage of polymerization has been proven. Scientific novelty lies in the development of an original technological process, taking into account the advantages of the local industry and the requirements for the production of the liner. Shoe manufacturers can use this technological process.

* E-mail: *stoljarenkov@mail.ru* (V. Stolyarenko)

Среди массы факторов, характеризующих эксплуатационные свойства обуви, одним из основных является жесткость пяточно-геленочного отдела. Жесткость формируется с помощью геленка, стельки и полустельки. Ключевую функцию укрепления несет геленок. Геленок, выполняя функцию поддержки подсводной части стопы, снижает нагрузку при ходьбе, обеспечивает профилактику возникновения плоскостопия, защищает обувь от переламывания при снятии ее с колодки в процессе производства [1].

Потребность в геленках на отечественном рынке составляетдо 5 миллионов пар в год.Отечественные производители обуви в большинстве используют стальные геленки. Основным поставщиком стальных геленков на белорусский рынок является ООО «Киевский фурнитурный завод». Из отечественных производителей геленков на рынке присутствует фирма ООО «Фурнитур-ВУ», специализирующаяся на производстве стальных и пластмассовых геленков. Стальные геленки получили широкое распространение вследствие хороших механических свойств и простоты изготовления. Несмотря на данные преимущества стальные геленки не лишены и ряда недостатков, особо существенными из них являются: большой удельный вес и склонность к коррозии, приводящая к разрушению геленка.

Альтернативой металла может служить стеклопластик. Стеклопластики располагают рядом положительных свойств: низкий удельный вес и теплопроводность, высокая коррозионная стойкость, диэлектрическая прочность, отсутствие электрохимической коррозии. Механические характеристики стеклокомпозитов в два раза выше, чем у пластика, используемого в качестве альтернативы металлическим геленкам [2].

Анализ производства геленков позволяет сделать вывод о том, что стеклопластиковые геленки в промышленных масштабах в республике не производятся, а технология изготовления проработана недостаточно.

Целью работы является разработка технологического процесса изготовления геленков из композиционного материала на основе стеклопластика. Основные задачи, решаемые при разработке техпроцесса: решение вопроса длительности полимеризации композиционных материалов на основе термореактивной смолы, сложность технологии производства, большая доля ручного труда, потребность модификации материала с целью повышения механических свойств, решение задачи избежания усложнения техпроцесса и удорожания материала, возникающего при химических методах модификации.

Для чего необходимо: установить комплекс требований к данной детали обуви, проанализировать имеющиеся технологии получения композиционных материалов и адаптировать их к условиям серийного производства геленков, произвести подбор компонентов будущего материала, разработать структуру материала и технологию его получения, проанализировать возможность модификации материала.

В соответствии с международным стандартом CEN ISO/TR 20883:2007 устанавливаются требования к эксплуатационным характеристикам деталей обуви геленка (не в готовой обуви). Усталостная прочность –3000–60000 циклов, жесткость в продольном направлении – от 400 до 1600 $\boldsymbol{кН \cdot мм^2}$, в зависимости от величины каблука.

Остаточная деформация не должна превышать 3 $\boldsymbol{мм}$ для обуви на высоком каблуке, 1,5 $\boldsymbol{мм}$ – для обуви на среднем каблуке и 1 $\boldsymbol{мм}$ – для обуви на низком каблуке [3].

Физические требования: низкий удельный вес, низкая электропроводность, теплопроводность, магнитные свойства и склонность к коррозии.

Технологические требования: материал должен беспрепятственно принимать заданную в процессе производства форму, обеспечить удобство крепления к стельке и возможность автоматизации процесса.

Учитывая специфику отечественной сырьевой базы, планируется изготовление композиционного материала на основе стекловолокна, производимого открытым акционерным обществом «Полоцк-Стекловолокно». Выбор стекловолокна обусловлен его высокой механической прочностью. Исходя из условий работы стелечного узла, планируется использование бесщелочного, алюмоборосиликатного стекла марки «Е» [4].

Стекловолокно при изготовлении стеклопластиков применяется в виде ровницы, прядей, нитей, тканей, матов. При текстильной обработке снижается коэффициент использования прочности единичного стеклянного волокна. Это объясняется разрушением части волокон, возникновением поверхностных трещин и неоднородностью работы волокон при закручивании, усложнением пропитки связующим [5].

С учетом вышесказанного из номенклатуры продукции ОАО «Полоцк-стекловолокно» наиболее подходящим материалом представляется ровница с диаметром волокна от 5 до 11 ***мкм***, сатин 8/3, или ровистан 30А.

Для более полного использования высоких прочностных характеристик материала наиболее целесообразна трёхслойная конструкция. Во внешних слоях волокна располагаются в два перекрещивающихся слоя, размещенных под углом тридцать градусов к продольной оси, для избежания расслаивания материала вдоль волокон и противодействия извивающей силе. Возможно использование в качестве наполнителя стеклоткани типа сатин либо ровистан. Центральный слой имеет в качестве наполнителя хаотично расположенные короткие волокна. Его функция – образование связи между наружными слоями. Плотность наполнителя во внешних слоях 65–70 %. Внутренний слой имеет плотность наполнителя не более 55–60 %. Толщина слоев проектируется с учетом назначения геленка. Толщина геленка в целом определяется конструкцией стелечного узла. С учетом того, что стержневая конструкция геленка из стеклопластика не всегда способна гарантировать заданные механические характеристики, необходимо использовать геленок пластинчатой конструкции.

Для производства композиционных материалов из стеклопластика применяется ряд технологических методов: контактное формование в открытых формах, намотка, метод инжекции в закрытую форму (RTM – RESIN TRANSFER MOULDING), метод вакуумной инфузии (LIGHT RTM), пултрузии, автоклавного формования, аддитивного производства, прессование [6].

Контактное формование в открытой форме. На практике применяется ручное формование и метод напыления. Оба метода отличаются невысокой производительностью, значительными затратами ручного труда, зависимостью качества от квалификации персонала и сравнительно низкими механическими свойствами получаемого материала.

Метод намотки выполняется мокрым способом – пропиткой наполнителя перед намоткой, и сухим – намоткой препрегов. Применяется для производства деталей тел вращения.

Метод инжекции. Стеклоткань предварительно раскраивается и раскладывается в закрытую форму. Затем происходит впрыскивание связующего до полной пропитки наполнителя. Отверждение происходит здесь же.

Вакуумная инфузия. Смола вводится в наполнитель с помощью вакуума, создаваемого в специальном мешке, где и происходит полимеризация материала.

Метод автоклавного формования. Формование и отверждение препрегов при повышенном давлении и температуре в специальном устройстве – автоклаве.

Все эти методы используются для производства крупногабаритных изделий и характеризуются высокой долей ручного труда.

Пултрузия – метод получения стеклопластиков при протягивании пропитанного волокна через нагретое формообразующее устройство. По статистике более половины стеклопластика промышленного производства получают данным методом. Полученный материал характеризуется высокой механической прочностью, хорошими физическими свойствами, стойкостью к воздействию влажности и микроорганизмов.

ООО СКБ «Мысль» выдвинуло ряд предложений по дополнениям к методам пултрузии стеклопластика. Например: экструзионно-прессовой метод, метод УФ-пултрузии, термоусадочная пултрузия, полироллформинг, прессовое, спиральное и объёмное профилирование [7].

Разработанная для изготовления геленков технология включает: экструзию внутреннего слоя с разнонаправленным наполнителем, создание трехслойной конструкции с внешними однонаправленными слоями, частичную полимеризацию в фильере (пултрузия), покрытие термоусадочной пленкой, обжатие, вытяжка, горячее прессование и отделение геленка от полосы. Термоусадочная оболочка сохранит структуру материала при застывании, исключив расслаивание, и гарантирует хорошую адгезию при сборке стелечного узла с использованием термоклея. Процесс сборки стелечного узла осуществляется горячим прессованием и совмещен с формообразованием стеклопластикового геленка, в частности в придании ему заданного изгиба. Окончательная полимеризация происходит в складских условиях, не замедляя процесс производства, это снимает вопрос низкой производительности, вызванной длительностью полимеризации композиционных материалов. Техпроцесс содержит методы механотермической модификации материала, а также позволяет добавлять на любом этапе различные методы физической модификации материала, может быть полностью автоматизирован, что исключает ручной труд и сокращает расходы на производство. Применение многопоточных фильер, формирующих одновременно несколько полос, позволяет обеспечить требуемую производительность производства.

Механические характеристики стеклопластикового композита зависят от прочности адгезионного слоя. Адгезионное взаимодействие происходит по границе контакта наполнителя и матрицы, образуя прилежащий к поверхности раздела переходной слой. В переходном слое образуется связь между матрицей и наполнителем, влияющая на условие торможения трещин в материале. Если прочность переходного слоя меньше прочности волокон наполнителя, то трещина будет проходить по поверхности раздела, на изломе будет заметна вытяжка волокон наполнителя из матрицы. Следовательно, для получения заданных механических характеристик требуется обеспечить прочность адгезионного слоя [4].

Эпоксидная смола обладает одним из наилучших показателей адгезии к стекловолокну. Критерием выбора марки смолы является: приемлемые механические характеристики, доступность и стоимость. Этим критериям удовлетворяет смола ЭД-20 ГОСТ 10587-84 олигомер, состоящий из эпихлоргидрина и дифенилолпропана, переходящий под воздействием отвердителя в твердое, неплавкое, нерастворимое состояние.

Стандартными отвердителями являются: ПЭПА (полиэтиленполиаминовый отвердитель, ТУ 6-02-594-85), ТЭТА (триэтилентетрамин, ТУ 6-02-1099-83), Этал-45 (нетоксичный отвердитель аминного типа, ТУ 2257-045-18826195-01), температура отверждения 20–24 $^{o}\boldsymbol{C}$, не вызывает аллергических реакций, не имеет неприятного запаха, по свойствам близок к ПЭПА, но смола после отверждения более пластична.

Матрица требует доработки, повышающей механические характеристики материала. Модификация может проводиться физическими и химическими методами. Химические методы реализованы путем подбора подходящего отвердителя, их дальнейшее развитие повышает себестоимость материала, усложняет технологию производства. Методы физической модификации весьма разнообразны. Сравнительным анализом подобраны наиболее приемлемые методы, введение которых в техпроцесс приведет к заметному положительному эффекту (таблица 1).

Наиболее подходящим видится метод УФ-облучения. Данный метод имеет минимальные энергетические и финансовые затраты, легко встраивается в технологический процесс. УФ-излучение способствует образованию новых цепочек на начальном этапе полимеризации, подводится дополнительная энергия, вызывающая ускорение полимеризации, снижается количество поперечных сшивок, структура измельчается и уплотняется, что приводит к повышению прочности, жесткости и упругости полимера.

В целях проверки эффективности данного воздействия проведено экспериментальное исследование влияния продолжительности УФ-излучения при полимеризации на механические свойства эпоксидной смолы ЭД-20. Опыт проводился при значении времени выдержки: 0; 7,5; 15; 30; 45 (минут). Для облучения применялся источник УФ-излучения – лампа T8 UVC G13 15 $\boldsymbol{Вт}$, длина волны излучения – 254 $\boldsymbol{нм}$, на расстоянии 100 $\boldsymbol{мм}$ от поверхности смолы. Толщина отливки – 2 $\boldsymbol{мм}$. Температура окружающей среды – 24 $^{o}\boldsymbol{C}$. Для статистической достоверности на каждом этапе изготавливалось по пять образцов.

Механические свойства материала исследовались на изгиб и растяжение в соответствии с методикой, предложенной ГОСТ 9550-81.

Испытания проводились на разрывной испытательной машине WDW-20E. Технические характеристики испытательной машины: максимальная нагрузка – 20 $\boldsymbol{кН}$, точность нагрузки – ±0,5 %, точность деформации – ±0,5 %, разрешение перемещения – 0,001 $\boldsymbol{мм}$, точность измере-

Таблица 1 – Анализ наиболее приемлемых методов физической модификации полимеров

Способ модификации	Характер воздействия на полимер	Влияние на свойства полимера	Возможность применения в техпроцессе
Давление, холодная прокатка	Влияет на структурную упорядоченность	Повышает температуру кристаллизации, повышает на 10 % прочностные характеристики	Легко вписывается в техпроцесс на стадии формирования стелечного узла, положительно влияет на заданные свойства
УФ-излучение. Время воздействия – 15–30 минут, длина волны – 200–350 $нм$, мощность излучателя – 1,5 $Вт/см^2$	Ускоряет отвердение, снижает энергию активации отверждения, повышает вероятность образования линейных цепей на начальной стадии с последующим формированием из них сетчатой структуры	Повышает прочностные характеристики на 30 %, снижает водопоглощение материала, увеличивает адгезию	Простота оборудования, низкие энергозатраты, не усложняет техпроцесс, требует защиты персонала
Ультразвуковая обработка: а) очистка нити от замасливателя 5 минут, частота 110 $Гц$; б) холодная прокатка + ультразвук 20 $КГц$; в) обработка матрицы 2–7 $Вт/см^2$; г) обработка композита при застывании	а) скорость очистки увеличивается в 30 раз; б) влияет на глубину воздействия; в) снижает вязкость смолы; г) повышает равномерность распределения компонентов	а) повреждает волокна; б) повышается упругость в 1,4 раза, прочность – на 12 %; в) время пропитки уменьшается в 1,6 раз; г) повышает прочностные свойства	Требует дополнительное оборудование, имеется значительный положительный эффект, требует защиты персонала
Вибрация + УФ-излучение	Перемешивание слоев повышает эффективность воздействия	Повышает на 40 % прочность и упругость, снижает водопоглощение материала, увеличивает адгезию	Заметный положительный эффект в сочетании с технологичностью, требует защиты персонала
Воздействие электромагнитного поля, время воздействия 15 минут, напряженность магнитного поля 636 $кА/м$ а) постоянного; б) переменного	а) растет упорядоченность надмолекулярной структуры; б) понижает температуру отверждения	Повышение прочностных характеристик на 30–90 %; постоянное поле вызывает анизотропию свойств	Экономичность, простота управления, значительный положительный эффект, требует средств защиты персонала
Механотермический метод: а) обкатка стальным роликом при t = 65–90 ^oC. Давление ролика – 600–750 $Мпа$; б) вытяжка при температуре выше точки кристаллизации на 15 ^oC	а) формирует изделие с эластичным ядром и жестким внешним слоем; б) меняет структуру строения материала	Прочностные свойства поверхностного слоя в 10 раз превосходят исходный образец. Прочность повышается в 4–5 раз по всей толщине образца	Возможно применение метода на стадии протягивания полосы от экструдера до пресса, значительно повышает механические свойства композита

Таблица составлена с использованием данных из литературы [8] ния перемещения – ±1 %, диапазон скоростей нагружения – 0,005–500 $мм/мин$, максимальное перемещение траверсы при растяжении и сжатии – 800 $мм$, ширина пространства для испытаний – 370 $мм$.

Параметры проведения испытания: скорость расхождения захватов при растяжении – (1,0±0,5) % в минуту, при изгибе – 3 $мм/мин$, расстояние между опорами при изгибе – 60 $мм$, температура в помещении – 28 ^oC. Образцы для испытания на изгиб – по ГОСТ 4648-71,для испытания на разрыв – по ГОСТ 11262-80. Сущность метода заключается в определении модуля упругости при растяжении как отношения приращения напряжения к соответствующему приращению относительного удлинения. По диаграмме определяются значения нагрузки, соответствующие величинам относительного удлинения 0,1 и 0,3 %.

Модуль упругости при растяжении (E_p) в $МПа$ вычисляется по формуле:

$$E_p = \frac{(F_2 - F_1)\cdot l_0}{A_0\cdot(\Delta l_2 - \Delta l_1)} \quad , \qquad (1)$$

где F_2 – нагрузка, соответствующая относительному удлинению 0,3 %, H; F_1 – нагрузка, соответствующая относительному удлинению 0,1 %, H; l_1 – расчетная длина образца, $мм$; A_0 – площадь начального поперечного сечения образца, $мм$; Δl_2 – удлинение, соответствующее нагрузке F_2, $мм$; Δl_1 – удлинение, соответствующее нагрузке F_1, $мм$.

Модуль упругости при изгибе определялся как отношение приращения напряжения к соответствующему приращению относительной деформации, по трехточечной схеме нагружения. Образцы нагружались при скорости расхождения наконечника и опор, обеспечивающей деформацию образца (1,0±0,5) % в минуту.

Относительная деформация крайних волокон (ξ) вычисляется по формуле:

$$\zeta = \frac{6zh}{L_v^2} \quad ; \qquad (2)$$

где z – значение прогиба, $мм$; h – толщина образца, $мм$; L_v – расстояние между опорами, $мм$.

По диаграмме определены значения нагрузки и прогиба, соответствующие значениям относительной деформации крайних волокон, – 0,1 и 0,3 %. Скорость деформации при растяжении определена как отношение скорости перемещения подвижного элемента испытательной машины (v) к длине образца между кромками зажимов. При изгибе скорость деформации рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{u\cdot L_v^2}{6h} \quad , \qquad (3)$$

где u – скорость деформации крайних волокон образца, равная 0,01 $мин^{-1}$; L_v – расстояние между опорами, $мм$; h – толщина образца, $мм$.

Получены следующие графики зависимости изменения механических свойств матрицы от времени облучения УФ-излучением при полимеризации (рисунки 1–4).

ВЫВОД

Предложен оригинальный технологический процесс изготовления стелечного узла, включающего в себя геленок, выполненный из стеклопластика. Особенностью техпроцесса является совмещение изготовления геленка со сборкой стелечного узла и возможность автоматизации процесса, что позволяют: исключить ручные операции, сократить расходы на производство, повысить производительность процесса и качество продукции. Повышение механических характеристик материала реализуется методами химической и физической модификации. Техпроцесс позволяет исключить влияние фактора длительности полимеризации композиционного материала на производительность производства. Формирование стелечного узла и обеспечение его установленных характеристик непосредственно на производстве позволяет изменять характеристики стелечного узла в соответствии с разрабатываемыми на предприятии моделями обуви, предоставит большую свободу дизайнерам, оптимизирует обувь под анатомическое строение стопы человека.

В ходе работы проведено опытное исследование зависимости механических характеристик эпоксидной матрицы от времени облучения

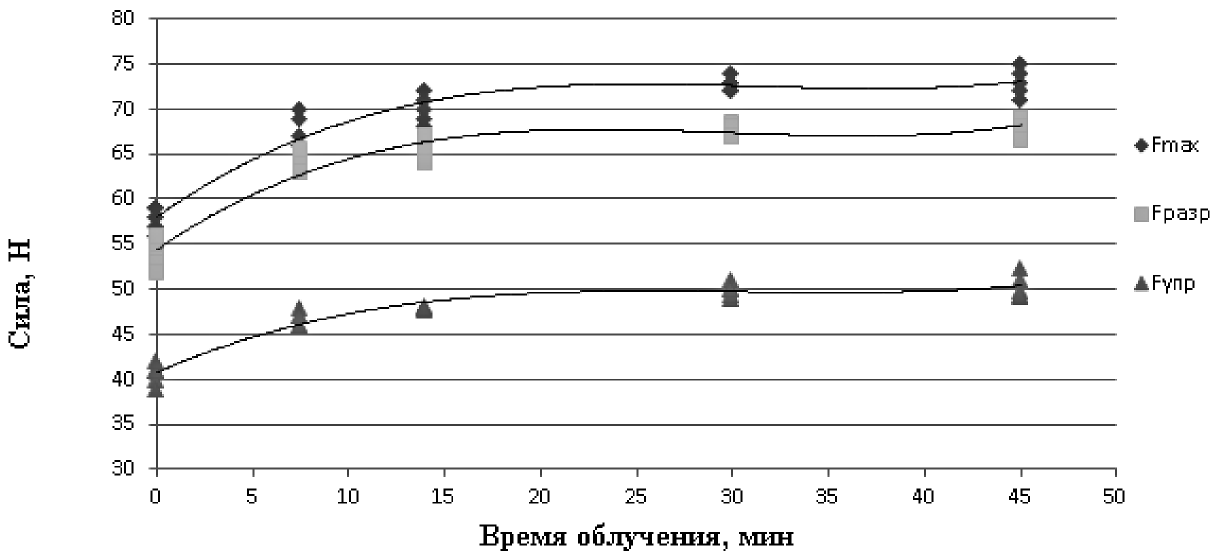


Рисунок 1 – Результат испытания на изгиб

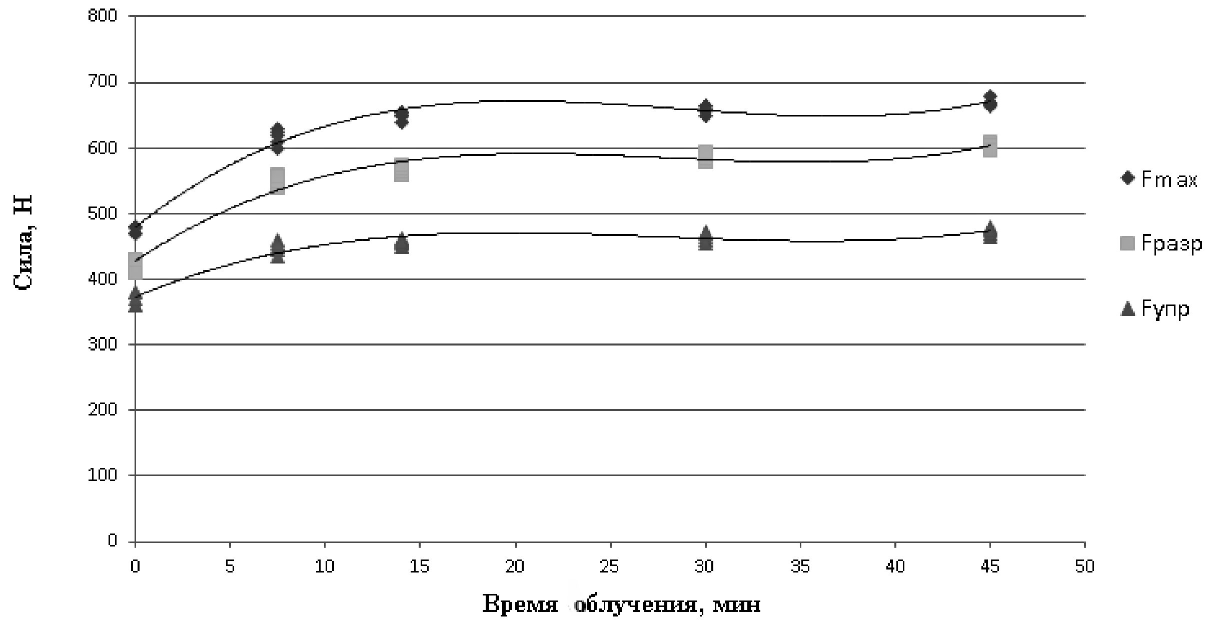


Рисунок 2 – Результат испытания на растяжение

при полимеризации материала. В результате облучения УФ-излучением эпоксидной смолы ЭД-20 при полимеризации механические характеристики повысились на 15–20 %. Наибольшее увеличение характеристик происходит на 8–10 минуте воздействия. Результаты эксперимента доказывают, что данный метод физической модификации полимерной матрицы обладает вы-

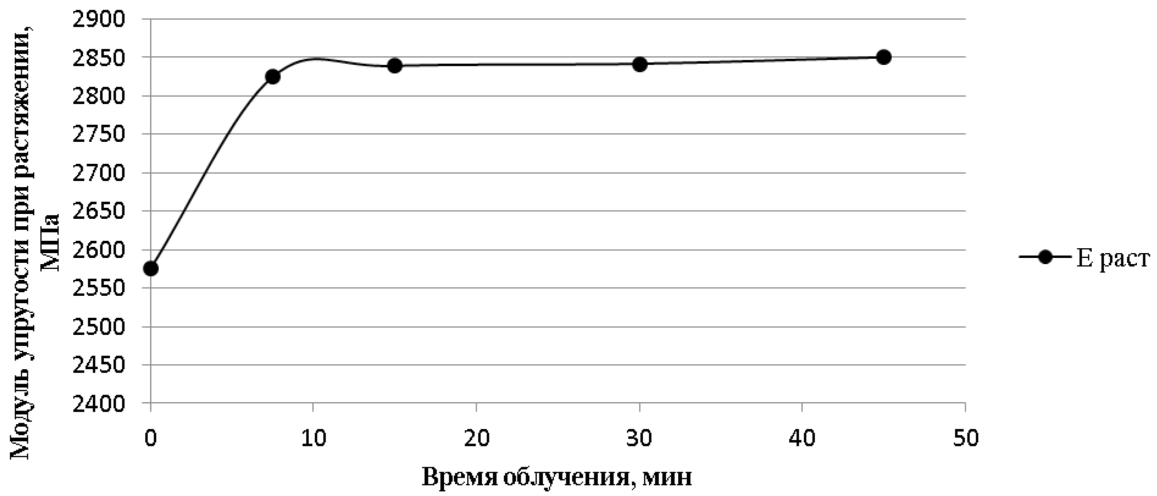


Рисунок 3 – Изменение модуля упругости при изгибе

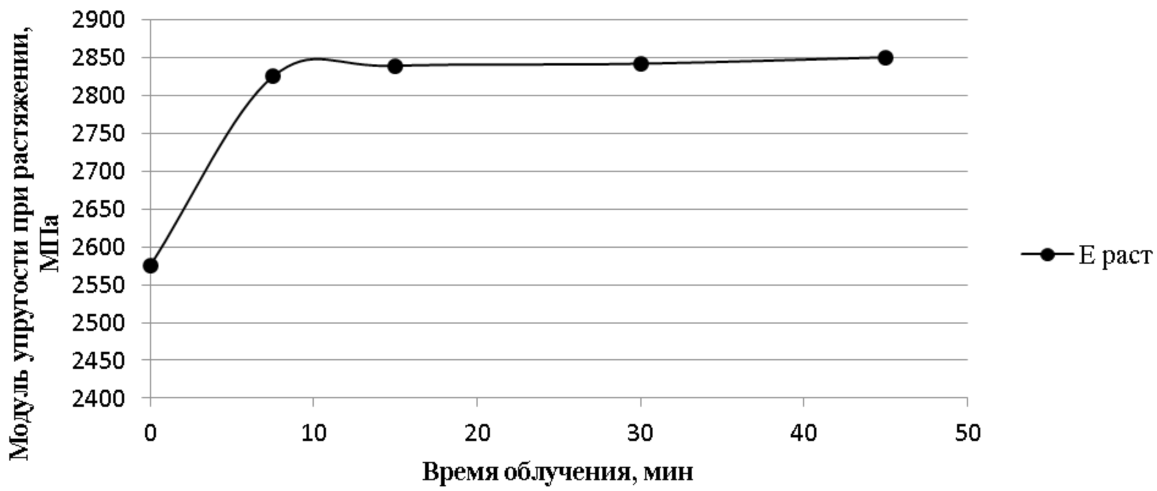


Рисунок 4 – Изменение модуля упругости при растяжении

сокой эффективностью.

Разработанная технология изготовления геленка из композиционного материала на основе стеклопластика учитывает требования к производству геленков и преимущества отечественной сырьевой базы, позволит решить вопрос импортозамещения, повысить качество стелечного узла, расширить ассортимент выпускаемой продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Великанова, Т. Ф. (2004), Методика проектирования геленков, *Рынок легкой промышленности*, 2004, № 40, С. 28–31.
2. Бондалетова, Л. И., Бондалепов, В. Г. (2017), *Полимерные композиционные материалы*, Томск, 117 с.
3. Горбачик, В. Е. (2000), *Проектирование и испытание геленков*, Витебск, 84 с.
4. Каримова, Л. К., Ахметшина, А. И., Дебердеев, Т. Р. (2019), *Производство изделий из стеклопластиков, материалы, технологии и методы испытаний,* Казань, 105 с.
5. Киселев, Б. А. (1961), *Стеклопластики*, Москва, 237 с.
6. Голубев, Е. В., Романов, В. В. (2021), Обзор и анализ технологий производства композитов, *Цифровая наука*, 2021, № 4-3, С. 12–16.
7. Холодников, Ю. В. (2016), Способы изготовления изделий из композитов, *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2016, № 6-2, С. 214–221.
8. Кестельман, В. Н. (1980), *Физические методы модификации полимерных материалов*, Москва, 224 с.

REFERENCES

1. Velikanova, T. F. (2004), Gelenki design methodology [Metodika proektirovaniya gelenkov], *Light industry market,* 2004, № 40, pp. 28–31.
2. Bondaletova, L. I., Bondalepov, V. G. (2017), *Polimernye kompozicionnye materialy* [Polymer composite materials], Tomsk, 117 p.
3. Gorbachik, V. E. (2000), *Proektirovanie i ispytanie gelenkov* [Design and testing of gelenki], Vitebsk, 84 p.
4. Karimova, L. K., Akhmetshina, A. I., Deberdeev, T. R. (2019), *Production of fiberglass products. materials, technologies and test methods* [Proizvodstvo izdelij iz stekloplastikov materialy tekhnologii i metody ispytanij], Kazan, 105 p.
5. Kiselev, B. A. (1961), *Stekloplastiki* [Fiberglass], Moscow, 237 p.
6. Golubev, E. V., Romanov, V. V.(2021), Review and analysis of composites production technologies [Obzor i analiz tekhnologij proizvodstva kompozitov], *Cifrovaya nauka – Digital Science*, 2021, № 4-3, pp. 12–16.
7. Kholodnikov, Yu. V. (2016), Methods of manufacturing products from composites [Sposoby izgotovleniya izdelij iz kompozitov], *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij – International Journal of Applied and Basic Research*, 2016, № 6-2, pp. 214–221.
8. Kestelman, V. N. (1980), *Fizicheskie metody modifikacii polimernyh materialov* [Physical methods of modification of polymer materials], Moscow, 224 p.

Статья поступила в редакцию 25. 10. 2021 г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАРТОНОВ ДЛЯ ПОДЛОЖКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОБУВИ САНДАЛЬНО-КЛЕЕВОГО МЕТОДА КРЕПЛЕНИЯ

COMPARATIVE ANALYSIS OF CARTONS FOR THE SUBSTRATE IN SPECIAL SHOES OF THE SANDAL-GLUE METHOD OF FASTENING

УДК 685.34.035.47

С.Л. Фурашова*, Т.М. Борисова
Витебский государственный технологический университет

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-90-103

S. Furashova*, T. Borisova
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

САНДАЛЬНО-КЛЕЕВОЙ МЕТОД КРЕПЛЕНИЯ, СПЕЦИАЛЬНАЯ ОБУВЬ, ПОДЛОЖКА, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРТОНОВ, ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ, ПРОЧНОСТЬ НИТОЧНОГО ШВА

В настоящее время ассортимент выпускаемой обуви ниточных методов крепления специального назначения достаточно разнообразен. Традиционно применяемые жесткие кожи для деталей низа обуви ниточных методов крепления увеличивают стоимость и трудоемкость изготовления обуви, так как требуют введения в технологический процесс большого количества операций обработки. В связи с этим на предприятиях, специализирующихся на производстве обуви ниточных методов крепления, возникла необходимость поиска более дешёвого и доступного аналога жестких кож.

Целью данной работы является исследование физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств стелечных картонов, предназначенных для обуви ниточных методов крепления, с целью выбора материала подложки для обуви сандально-клеевого метода крепления специального назначения, обладающего необходимым комплексом свойств.

В соответствии со стандартными методиками исследованы физико-механические свойства картонов, предназначенных для деталей обуви ниточных методов крепления: предел прочности при растяжении, жесткость при статическом изгибе, отношение к воде и сопротивление расслаиванию. Определена клеящая способность

ABSTRACT

SANDAL-ADHESIVE METHOD OF FASTENING, SPECIAL SHOES, SUBSTRATE, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CARDBOARD, THE STRENGTH OF THE ADHESIVE JOINT, THE STRENGTH OF THE THREAD SEAM

Currently, the range of manufactured shoes of thread fastening methods for special purposes is quite diverse. Traditionally used rigid leathers for the details of the bottom of shoes of thread fastening methods increase the cost and complexity of shoe manufacturing, since they require the introduction of a large number of processing operations into the technological process. In this regard, at enterprises specializing in the production of shoes with thread fastening methods, there was a need to find a cheaper and more affordable analogue of hard leathers.

The purpose of this work is to study the physical, mechanical, technological and operational properties of shelving cartons intended for shoes of thread fastening methods, in order to select the substrate material for shoes of a sandal-adhesive method of fastening for special purposes, which has the necessary set of properties.

In accordance with standard methods, the physical and mechanical properties of cartons intended for shoe parts of thread fastening methods are studied: tensile strength, stiffness under static bending, water ratio and delamination resistance. The adhesive ability of the cartons and the optimal stitching frequency were determined, which ensures the normative strength of the thread seam.

The analysis of physical and mechanical properties, the results of production testing and experi-

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

картонов и установлена оптимальная частота строчки, обеспечивающая нормативную прочность ниточного шва.

Анализ физико-механических свойств, результаты производственной апробации и опытной носки показали, что картон марки Ibisolex может использоваться для подложки в обуви сандально-клеевого метода крепления, так как обладает необходимым комплексом свойств, снижает трудоемкость изготовления обуви и её себестоимость.

mental wear showed that Ibisolex cardboard can be used for the substrate in shoes of the sandal-adhesive method of fastening, since it has the necessary complex of properties, reduces the complexity of shoe manufacturing and its cost.

Известно, что задача формирования ассортимента выпускаемой обуви с учетом её конкурентоспособности на современном рынке для любого предприятия занимает одно из центральных мест. На протяжении последних лет производители обуви сталкиваются с комплексом проблем, связанных с конкурентоспособностью отечественной продукции, что обусловлено высокой стоимостью качественных материалов и комплектующих, падением уровня производства, моральным износом имеющегося оборудования.

В связи с этим в настоящее время перед обувной промышленностью стоит немало задач: повышение эффективности производства за счет оснащения его новыми техническими и автоматическими средствами; совершенствование моделирования и конструирования обуви, технологии, организации производства; совершенствование методов контроля качества готовой продукции; расширение и обновление ассортимента выпускаемых изделий, внедрение новых материалов для обуви. Перечисленные задачи актуальны при производстве обуви различного назначения, в том числе и специальной, предназначенной для защиты ног от неблагоприятных внешних воздействий.

В недалеком прошлом ассортимент специальной обуви был весьма ограничен и сводился к ботинкам и сапогам из юфти. С развитием технического прогресса и с повышением общего уровня жизни рынок специальной обуви стал предлагать потребителю высокотехнологичные модели из современных материалов с современным дизайном. В последнее время наблюдается быстрое развитие этого сегмента, повышается спрос на специальную обувь и увеличивается объём её производства. Сегодня в ассортименте ведущих производителей представлены целые коллекции, разработанные специально для металлургов, энергетиков, нефтяников, работников газовой, химической, пищевой промышленности и медицины. Вместе с ростом качества дизайнерского оформления расширились и возможности производства, появились новые технологии, улучшилось качество материалов для обуви [1, 2]. Выпуск специальной обуви важен для Республики Беларусь ещё и тем, что большая часть продукции идёт на экспорт.

Специальная обувь должна в первую очередь защитить ногу, а при работе на тяжелом или опасном производстве и облегчить труд человека. В зависимости от назначения современная спецобувь должна обладать широким диапазоном защитных свойств: защита от механических воздействий (проколы, порезы, удары, вибрации); защита от скольжения; защита от повышенных или пониженных температур; защита от статических нагрузок; защита от биологических факторов; защита от общих производственных загрязнений; защита от электрического тока; защита от химических раздражителей и др. [3, 4].

Перед производителями стоит задача выбора наиболее выгодных технологических решений, которые удовлетворяли бы интересам и производителя, и потребителя обуви.

При изготовлении специальной обуви ниточных методов крепления для изготовления подложки (подложка – деталь низа, к которой пристрачивается отформованная наружу затяжная кромка заготовки) ранее широко использовали жесткие натуральные кожи – полы и воротки, являющиеся достаточно дорогим и дефицитным материалом.

Вырубаемые детали из жестких натуральных кож должны иметь определенную толщину и быть однородными, что требует введения в технологический процесс дополнительной операции обработки – выравнивание по толщине. Кроме этого, подложки перед выполнением подошво-крепительных операций увлажняются и провяливаются для облегчения процесса сострачивания деталей.

Таким образом, применение жестких натуральных кож для изготовления подложек значительно увеличивает трудоемкость и материалоемкость изготовления обуви.

В связи с этим на ряде предприятий, специализирующихся на производстве обуви ниточных методов крепления, возникла необходимость поиска более дешёвого и доступного аналога, с соответствующим комплексом физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств.

В настоящее время зарубежные производители предлагают широкий ассортимент картонов различного сырьевого состава и способа производства. В зависимости от свойств выпускаемые марки картона рекомендуются производителями для определенного целевого назначения. Однако исчерпывающей информации об их составе, структуре и физико-механических свойствах, как правило, не предоставляется, поэтому зачастую их использование для деталей обуви требует дополнительных исследований их свойств и детальной производственной апробации [5].

Применение на одном из обувных предприятий ряда стелечных картонов для подложки в женской специальной обуви сандально-клеевого метода крепления, традиционно используемых для других видов обуви, показало их технологическую непригодность: высокую степень разрушения при сострачивании, расслаивание после фрезерования по урезу, низкую прочность крепления в процессе эксплуатации в системе «резина (подошва) + картон (подложка) + кожа (заготовка верха)». Кроме этого, наблюдалось большое количество возврата обуви от потребителя, не выдержавшей гарантийного срока носки.

В связи с этим целью данной работы является выбор материала для подложки специальной обуви сандально-клеевого метода крепления, обладающего необходимым комплексом физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств.

Сандально-клеевой метод крепления подошвы широко используется при изготовлении специальной обуви, так как позволяет получить легкую и гибкую обувь. Заготовка верха обуви с подложкой соединяется двухниточным швом, соединение подошвы с заготовкой осуществляется через жесткий элемент – подложку, затяжная кромка заготовки отгибается наружу и выходит в урез подошвы (рисунок 1).

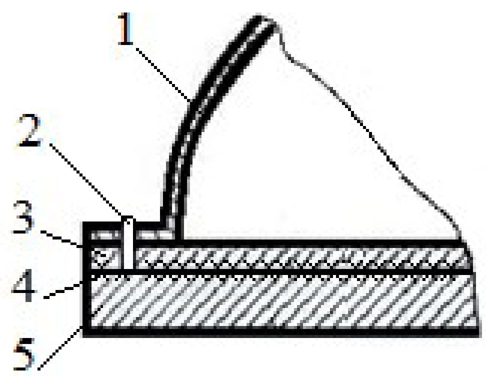


Рисунок 1 – Схема сандально-клеевого метода крепления: 1 – заготовка верха обуви; 2 – ниточный шов; 3 – подложка; 4 – клеевой шов; 5 – подошва

Прочность крепления низа в обуви ниточных методов крепления во многом определяется силой сопротивления межзвеньевых участков материала подложки прорыву ниточным швом. Подложка в такой обуви выполняет функцию основной стельки – она является основанием, к которому прикрепляется заготовка верха и детали низа – подошва и каблук.

К материалам для подложки предъявляются высокие требования, обусловленные сложной работой детали в процессе эксплуатации. В процессе носки подложка подвергается изгибу, сжатию, трению со стороны стопы, действию влаги и пота. В связи с этим она должна изготавливаться из плотного и эластичного материала, устойчивого к истиранию, расслаиванию и многократному изгибу. Материал не должен деформироваться при носке, должен хорошо поглощать влаговыделения стопы и легко отдавать их при сушке.

Для обеспечения хорошего приформовывания к стопе, материал подложки должен быть пластичным, что позволяет рассредоточивать давление, оказываемое стопой, по большей площади, тем самым улучшая потребительные свойства обуви и удлиняя срок ее носки.

В процессе производства материал подложки должен обеспечивать качественное ниточное скрепление, обладать высокой прочностью к прорыву ниточным швом, хорошо обрабатываться фрезерованием и шлифованием по боковому урезу подошвы.

Для подбора материала, максимально соответствующего всем перечисленным требованиям к подложке, рассматривался ряд обувных картонов, из которых в процессе изучения заявленных производителем показателей и разведывательного эксперимента были отобраны четыре марки стелечных картонов различных производителей, рекомендуемых для ниточных методов крепления: Ibisolex, Furnifle, Digostar и Zenit.

Итальянский картон марки Ibisolex представляет собой стелечный материал, состоящий из синтетических волокон, пропитанных водной дисперсией. В соответствии с описанием производителя, он рекомендован к использованию в обуви ниточных методов крепления, так как обладает хорошей пластичностью, прочностью и устойчивостью не только к склеиванию, но и к прошиванию.

Стелечный картон марки Furniflex в соответствии с описанием имеет высокую прочность, эластичность и водоотталкивающие свойства, может использоваться для обуви ниточных методов крепления.

Картон марки Digostar рекомендуется для ниточных методов крепления, представляет собой материал на основе синтетических волокон, пропитанных синтетическим полимером. Обладает высокой прочностью и гибкостью, хорошо приклеивается, устойчив к изгибу и влаге.

Картон марки Zenit рекомендуется для изготовления основной стельки, он обладает высокой устойчивостью к прошиву, обладает большой прочностью и гибкостью, устойчив к действию влаги.

В процессе исследования картонов определялись стандартные характеристики физических свойств материалов, такие как толщина и плотность, а также стандартные показатели механических свойств картонов при растяжении в соответствии с ГОСТ 9186-76 «Картон обувной и детали из него. Правила приемки и методы испытаний» [6]. Образцы выкраивались в продольном и поперечном направлениях и испытывались в соответствии с методикой ГОСТ 9186-76.

Учитывая то, что при работе подложки одним из преобладающих видов деформации материала является изгиб, большое значение для оценки качества картонов имеет показатель изгибной жесткости. Поэтому были исследованы показатели жесткости и изгибостойкости при статическом изгибе в соответствии с ГОСТ 9187-74 «Картон обувной. Метод определения жесткости и изгибостойкости при статическом изгибе» [7]. Образцы испытывались при помощи приспособления к разрывной машине (рисунок 2) в сухом состоянии по методу А. Размеры образцов 10×50 *мм*.

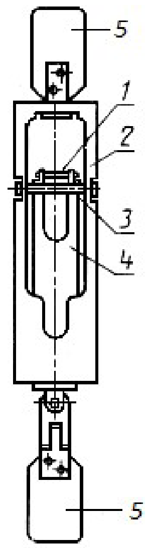


Рисунок 2 – Приспособление для определения жёсткости картонов при изгибе: 1– изгибающий валик; 2 – рамки; 3 –опорные валики; 4 – стойки; 5 – хвостовики

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Как видно из полученных результатов, предел прочности картонов находится в интервале от 5,3 $МПа$ до 14,4 $МПа$. Картоны марок Furniflex, Digostar и Zenit отличаются значительной анизотропией свойств. Предел прочности образцов в направлении вдоль листа превышает предел прочности в поперечном направлении в среднем в два раза.

Картон марки Ibisolex обладает достаточно высокой прочностью и более равномерными свойствами вдоль и поперек листа. Все картоны по плотности соответствуют требованиям ГОСТ 9542-89 [8].

Показатель жесткости при статическом изгибе для исследуемых стелечных картонов колеблется в пределах от 19,2 до 22,0 $Н$ вдоль листа и от 16,5 до 19,7 $Н$ – поперек листа. Норматив жесткости картонов для подложек в соответствии с требованиями ГОСТ 9542-89 составляет 21–70 $Н$ и 7–50 $Н$ вдоль и поперек листа соответственно. Жёсткость при статическом изгибе образцов, выкроенных вдоль и поперек листа, отличается на разную величину – жесткость вдоль листа превышает жесткость образцов, выкроенных поперек листа на величину от 1 до 25,7 %. Нормативным значениям жесткости в наибольшей степени соответствует картон марки Furniflex (жёсткость, определяемая вдоль листа, составила 22 $Н$).

В соответствии с ГОСТ 9187-74 изгибостойкость картонов оценивается устойчивостью к разрушению при статическом изгибе. При визуальном осмотре образцов после определения жесткости не произошло разрушения ни одного из испытанных образцов, поэтому все марки картонов можно считать изгибостойкими.

Для характеристики свойств картонов для подложки важно знать отношение материалов к действию влаги, так как эта деталь подвергается и воздействию пота, выделяемого стопой, и воздействию окружающей среды. С этой целью определялись показатели намокаемости, набухаемости, усадки, изменения линейных размеров картонов при увлажнении и сушке в соответствии с ГОСТ 8972-78 «Кожа искусственная. Методы определения намокаемости и усадки» [9].

Намокаемость картонов определялась по формуле

$$H = \frac{m_1 - m_0}{m_0} 100 \quad , \qquad (1)$$

где m_0 – масса образца до испытания, $г$; m_1 – масса образца после замачивания в воде, $г$.

Набухаемость картонов по толщине определялась по формуле

$$\Delta h = \frac{h_1 - h_0}{h_0} 100 \quad , \qquad (2)$$

Таблица 1 – Результаты определения стандартных показателей

Марка материала	Толщина, $мм$	Плотность, $г/см^3$	Направление	Нагрузка при разрыве, $Н$	Предел прочности при растяжении, $МПа$	Жесткость при статическом изгибе, $Н$
Ibisolex	2,4÷2,6	0,64	вдоль листа	292,1	11,9	19,9
			поперек листа	256,6	10,5	19,7
Furniflex	2,3÷2,5	0,75	вдоль листа	338,5	14,4	22,0
			поперек листа	176,3	7,5	17,5
Digostar	2,4÷2,6	0,69	вдоль листа	282,2	10,0	20,0
			поперек листа	207,1	6,3	17,1
Zenit	2,4÷2,6	0,56	вдоль листа	266,5	9,7	19,2
			поперек листа	180,3	5,3	16,5

где h_0 – толщина образца до намокания, $мм$; h_1 – толщина образца после намокания, $мм$.

Изменение линейных размеров и усадка по толщине картонов, %, определялись по формуле

$$\Delta L^i = \frac{L_1^i - L_0^i}{L_0^i} \cdot 100 , \qquad (3)$$

где L^i_0, L^i_1 – линейные размеры по обозначенным линиям (двум поперечным (1–2), двум продольным линиям (3–4) и по двум диагоналям (5–6)) до и после намокания (сушки) (или толщина образца для определения усадки после намокания и последующей сушки), $мм$.

Полученные результаты представлены в таблицах 2 и 3.

Намокаемость исследуемых картонов составила 71,8–75,0 %, набухаемость картонов колеблется в более широких пределах от 2,0 до 11,0 %. Максимальные значения данных показателей отмечаются у картона марки Furniflex, он же имеет наибольшую усадку по толщине (11 %). Наименьшая усадка по толщине отмечена у картона Ibisolex (2 %).

Следует отметить, что показатель намокаемости картонов для подложек в ГОСТ 9542-89 не нормируется, однако достаточно высокие значения этого показателя у рассматриваемых картонов будут способствовать лучшему влаго- и потопоглощению со стороны стопы, что обеспечит высокие гигиенические свойства обуви.

Изменение линейных размеров после увлажнения у исследуемых картонов отмечается в следующих пределах: 2,0–2,2 % в поперечном, 1,0–2,1 % в продольном направлении и 1,4–1,5 % по диагонали. После сушки изменение линейных размеров также находится в небольших интервалах: на 2,0–2,1 %, 0–2 % и 0–0,8 % по соответствующим направлениям. В соответствии с ГОСТ 9542-89 максимальное значение изменения линейных размеров после увлажнения или сушки вдоль листа – 2 %, для картона Digostar показатель составил 2,1 %.

Таким образом, практически все исследуемые картоны отличаются незначительным изменением линейных размеров после увлажнения и сушки.

При эксплуатации подложка подвергается истиранию стопой, картон может расслаиваться

Таблица 2 – Результаты определения намокаемости, набухаемости и усадки картонов

Марка материала	Намокаемость, %	Набухаемость, %	Усадка по толщине, %
Ibisolex	71,8	2,0	2,0
Furniflex	75,0	11,0	11,0
Digostar	74,5	7,0	6,9
Zenit	73,0	6,5	6,5

Таблица 3 – Результаты определения изменения линейных размеров после увлажнения и сушки

Марка материала	Изменение линейных размеров после увлажнения, %						Изменение линейных размеров после сушки, %					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Направление	поперек листа		вдоль листа		по диагонали		поперек листа		вдоль листа		по диагонали	
Ibisolex	2,0	2,0	1,0	1,0	1,4	1,4	2,0	2,0	1,0	0	0,7	0
Furniflex	2,0	2,0	2,0	2,0	1,4	1,4	2,0	2,0	2,0	0	0,7	0
Digostar	2,2	2,2	2,0	2,1	1,5	1,5	2,1	2,1	2,0	2,0	0,8	0,1
Zenit	2,0	2,0	2,0	2,0	1,4	1,4	2,1	2,1	2,0	2,0	0,7	0

и терять свою когезионную прочность. Определение сопротивления расслаиванию картона проводилось на образцах размерами 20×150 $мм$, с рабочим участком 15×20 $мм$ [10]. С противоположных концов образцов срезали соответственно верхние и нижние части полоски на глубину, равную половине толщины образца, оставляя посередине нетронутым намеченный рабочий участок (рисунок 3).

Полученные образцы испытывали на разрывной машине TIME WDW-5 при скорости передвижения подвижного зажима 100 $мм/мин$.

Сопротивление расслаиванию определялось по формуле

$$R = \frac{P}{F} \quad , \tag{4}$$

где P– нагрузка при расслаивании, H; F – площадь рабочей зоны расслаивания, $мм^2$.

Полученные данные представлены в таблице 4.

Все исследуемые картоны показали достаточно высокое сопротивление расслаиванию, самым высоким показателем обладает картон марки Ibisolex.

Важным требованием, предъявляемым к материалу подложки, является способность материала образовывать прочные клеевые соединения с материалами низа обуви. При изготовлении обуви сандально-клеевого метода крепления в качестве материала подошвы чаще всего используется резина пористой или монолитной структуры.

Прочность клеевого соединения при склеивании материалов подложки и подошвы определялась по ГОСТ 28966.1-91 «Клеи полимерные. Метод определения прочности при расслаивании» [11]. Метод заключается в определении нагрузки, разрушающей клеевое соединение путем измерения усилий, вызывающих расслаива-

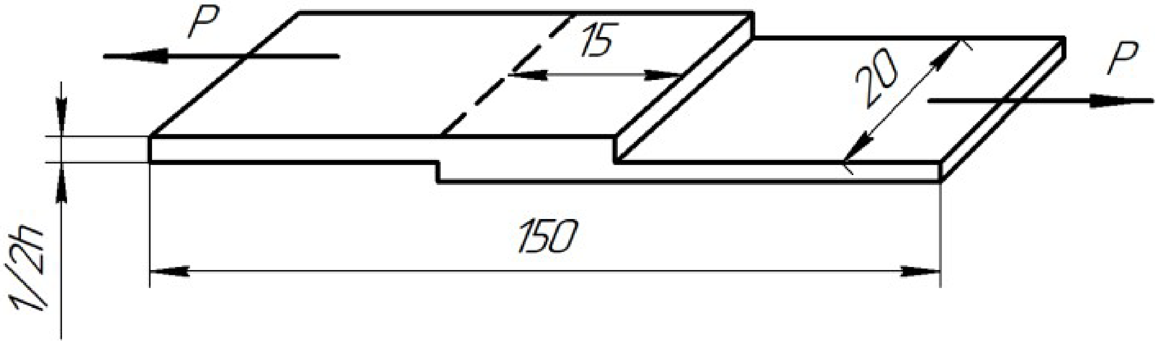


Рисунок 3 – Схема образца картона для определения сопротивления расслаиванию

Таблица 4 – Результаты определения сопротивления расслаиванию картонов

Марка материала	**Нагрузка при расслаивании, H**	**Сопротивление расслаиванию, $H/мм^2$**
Ibisolex	442	1,47
Furniflex	300	1,00
Digostar	414	1,38
Zenit	300	1,20

ние склеенных между собой материалов и приведенных к линейным размерам клеевого шва.

Для определения клеящей способности подготавливались склейки из материалов подложки и подошвы (картон и резина пористая). Размеры образцов 170×25 $\boldsymbol{мм}$, с рабочей зоной 120×25 $\boldsymbol{мм}$. Образцы обрабатывались в соответствии с технологией, принятой на обувных предприятиях. Резина пористая подвергалась шлифованию с последующим обеспыливанием, картоны не обрабатывались. На подготовленные образцы наносился наиритовый клей марки «Луч ПХК» 2014 23 % концентрации. Сушка клеевых пленок осуществлялась в течение 40 $\boldsymbol{мин}$ в нормальных условиях, активация клеевых пленок выполнялась при температуре 200 $^{\boldsymbol{0}}\boldsymbol{C}$ в течение 5 $\boldsymbol{с}$, образцы прессовались при давлении 0,35 $\boldsymbol{МПа}$ в течение 40 $\boldsymbol{с}$.

Склеенные образцы выдерживались при нормальных условиях в течение 24 $\boldsymbol{ч}$ для полной кристаллизации клеевого шва. Испытание на расслаивание проводили на разрывной машине TIME WDW-5 при скорости передвижения подвижного зажима 100 $\boldsymbol{мм/мин}$.

Общий вид образца для испытания представлен на рисунке 4.

При проведении испытания осуществляли запись диаграммы разрушения и регистрировали характер разрушения.

Разрушающее усилие $\boldsymbol{P}$ ($\boldsymbol{H}$) определялось по формуле

$$\boldsymbol{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{n} , \qquad (5)$$

где $\boldsymbol{Pi}$ – разрушающее усилие, $\boldsymbol{H}$; $\boldsymbol{i}$ – число разрушающих усилий; $\boldsymbol{n}$ – число измерений ($\boldsymbol{n}$ = 5).

За результат испытания принимали среднее арифметическое трех параллельных определений, расхождение ($\boldsymbol{\Delta}$) между которыми не превысило 6 %, что отвечает требованиям, установленным в нормативно-технической документации на полимерный клей.

Прочность клеевого соединения при расслаивании $\boldsymbol{g_{рас}}$ ($\boldsymbol{H/см}$) вычислялась по формуле

$$\boldsymbol{g}_{\text{рас}} = \frac{\boldsymbol{P}}{\boldsymbol{b}} , \qquad (6)$$

где $\boldsymbol{P}$ – разрушающее усилие, $\boldsymbol{H}$; $\boldsymbol{b}$ – ширина клеевого шва, $\boldsymbol{см}$.

Полученные результаты представлены в таблице 5.

Как показывают данные таблицы, прочность клеевого соединения для исследованных материалов находится в интервале от 35,8 $\boldsymbol{H/см}$ до 48,2 $\boldsymbol{H/см}$, что превышает нормативное значение (не менее 30 $\boldsymbol{H/см}$) [12]. Наиболее прочное

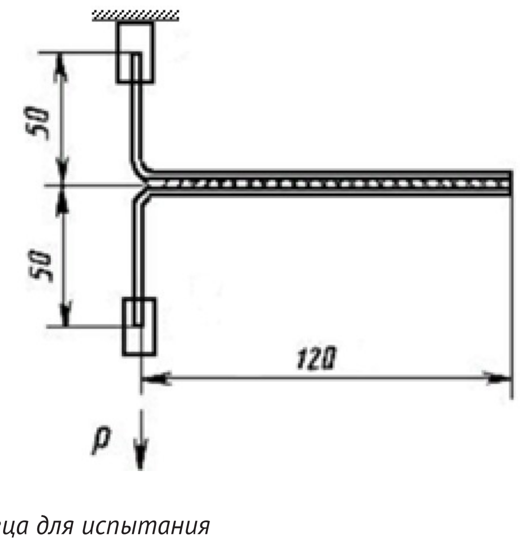


Рисунок 4 – Общий вид образца для испытания

Таблица 5 – Результаты исследования прочности клеевых соединений при расслаивании для различных материалов

Наименование материалов склейки	Прочность при расслаивании ($Н/см$)	Характер разрушения
Ibisolex+резина пористая	48,2	Комбинированный, с преимуществом когезионного разрушения по материалу низа
Furniflex+резина пористая	38,6	Комбинированный, когезионное разрушение по материалу низа и адгезионное по межфазной границе материала подложки и клеевой пленки
Digostar+резина пористая	40,4	
Zenit+резина пористая	35,8	Комбинированный, с преимуществом адгезионного разрушения по межфазной границе материала подложки и клеевой пленки

соединение образуется в склейках с картоном Ibisolex, а характер разрушения свидетельствует о возможности дальнейшего повышения показателя прочности за счет выбора более прочного материала низа обуви.

Одним из важных показателей, определяющих технологическую пригодность материала подложки, является способность материала сшиваться, обеспечивая высокую прочность ниточного соединения.

Прочность ниточного соединения определялась в соответствии со стандартной методикой [13]. Подготавливались образцы размерами 100×45 $мм$, с рабочей зоной 100×25 $мм$ (рисунок 5).

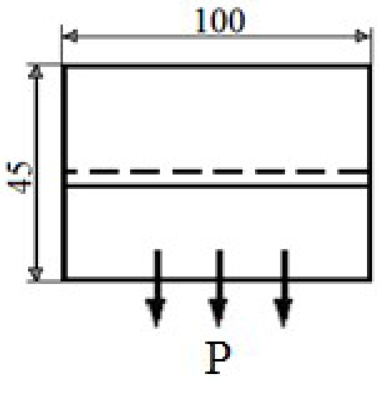


Рисунок 5 – Схема образца для испытания прочности ниточного соединения

Сшивание образцов из картона и натуральной кожи для верха обуви осуществлялось с различной частотой стежка с использованием оборудования и материалов, применяемых для пристрачивания подложек в обуви сандально-клеевого метода крепления. Для соединения образцов использовался доппельный шнур (артикул 13 и капроновая нить 480К). Сострачивание образцов выполнялось на машине марки 03028/Р2 двухниточным швом с использованием игл 0905-200.

Прочность ниточных швов ($P_{шв}$) в ньютонах рассчитывалась по формуле:

$$P_{шв}=\frac{P_p}{l}, \qquad (7)$$

где P_p – разрывная нагрузка образца, $Н$; l – длина строчки на испытанном образце, между крайними проколами, $см$.

По полученным данным построена диаграмма, отражающая зависимость прочности ниточного соединения от частоты стежка (рисунок 6).

Как видно из диаграммы, прочность ниточного шва при различной частоте стежка для исследуемых марок картонов находится в широких интервалах – от 40 $Н$ до 140 $Н$. Для исследуемых материалов оптимальной частотой строчки является норматив 1,5 стежка на 1 сантиметр шва, с увеличением и с уменьшением частоты строчки от оптимальной, прочность шва снижа-

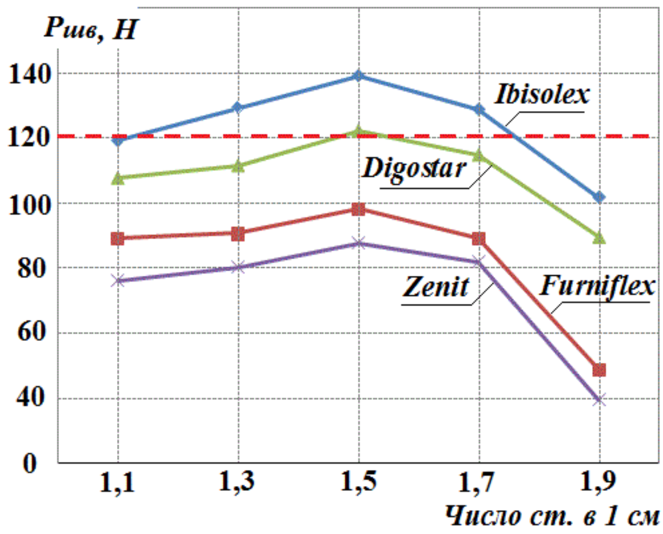


Рисунок 6 – Зависимость прочности ниточного соединения от числа стежков на 1 **см** *строчки*

ется. Минимальная прочность ниточного шва для всех марок картона наблюдается при частоте стежка 1,9 на сантиметр шва, так как при этом происходит значительная просечка картона.

Наиболее прочное ниточное соединение при оптимальной частоте стежка получено в образцах с картоном Ibisolex (P = 140 $Н/см$), что превышает нормативное значение. Прочность крепления подложки с заготовкой верха обуви сандально-клеевого метода крепления на 1 сантиметр шва должна быть не менее 120 $Н$ [12]. Картон марки Digostar достигает нормативного значения, но без запаса прочности. Картоны марок Furniflex и Zenit не обеспечивают необходимую прочность, что указывает на их технологическую непригодность для изготовления подложки в обуви сандально-клеевого метода крепления.

С целью оценки качества выполнения операций по обработке уреза подошвы и определения эксплуатационных характеристик обуви с подложкой из картона Ibisolex были изготовлены три пары женских туфель сандально-клеевого метода крепления (рисунок 7). Обувь изготавливалась по СТБ 1737-2007 «Обувь производственная и специальная для защиты от общих производственных загрязнений. Общие технические условия». Туфли изготавливались с верхом из натуральной кожи на подошве из пористой резины, в качестве материала подложки использовался картон Ibisolex, показавший лучший комплекс физико-механических свойств.

Рисунок 7 – Туфли женские специальные сандально-клеевого метода крепления

Формование заготовки заключалось в предварительном формовании пяточной части с отворачиванием затяжной кромки заготовки наружу на машине 02255/Р1 (рисунок 8 *а*). Увлажнение заготовки осуществляется паровоздушной смесью на установке TST ZPS GOTTWWALOV. Обтяжка и клеевая затяжка носочно-пучковой и геленочной части выполнялась на машине 02200/Р1 (рисунок 8 *б*).

Пристрачивание подложек выполнялось на машине 03028/Р2 двухниточным швом, который образует прочное эластичное соединение (рисунок 8 *в*, *г*).

На подошво-крепительном участке выполняются операции по подготовке следа обуви, подошв и каблуков к прикреплению, прикрепление деталей и отделка деталей низа обуви. Технологическую трудность при использовании подложки из картона, как правило, вызывают операции отделки уреза подошв – фрезерование и шлифование.

а *б*

в *г*

Рисунок 8 – Выполнение технологических операций по изготовлению женских туфель специального назначения сандально-клеевого метода крепления

В ходе выполнения операций по обработке уреза подошвы использование картона Ibisolex показало его высокую технологичность, материал хорошо обрабатывался по урезу без расслаивания и выхватов, образуя после шлифования ровную и гладкую поверхность.

Результаты опытной носки показали отсутствие замечаний при эксплуатации обуви в течение гарантийного срока носки (90 дней), туфли хорошо приформовывались к стопе, разрушения подложки по линии строчки не произошло, материал не расслаивался, был пото- и водостоек, показал хорошее сопротивление к многократному изгибу.

Для сравнения показателей материало- и трудоемкости при использовании для материала подложки картона Ibisolex и жестких кож проводился анализ трудовых затрат, стоимости обработки и материалов. Результаты отражены в таблицах 6 и 7.

Анализ трудовых и стоимостных затрат показал существенное преимущество картона в сравнении с жёсткими кожами. Трудовые затраты на обработку подложки из картона Ibisolex в семь раз ниже, а стоимость обработки почти в 6 раз ниже по сравнению с показателями для подложки из жестких кож. Стоимость подложки из картона почти в три раза ниже стоимости подложки, изготовленной из жесткой кожи.

Таким образом, сравнительный анализ нескольких марок картонов, рекомендованных для обуви ниточных методов крепления, показал, что картон марки Ibisolex имеет высокие показатели физико-механических свойств, отвечает технологическим требованиям, предъявляемым к материалу подложки в процессе изготовления обуви, что подтверждается результатами производственной апробации. Опытная носка также показала хорошие эксплуатационные свойства обуви сандально-клеевого метода крепления с подложкой из картона Ibisolex. Кроме этого, применение картона марки Ibisolex в качестве материала подложки в обуви ниточных методов крепления снижает трудоемкость и себестои-

Таблица 6 – Трудоемкость обработки различных материалов подложки

Марка материала	Наименование операции	Способ работы	Разряд	Норма выработки, *пар/смену*	Тарифная ставка на смену, *руб.*	Трудовые затраты, *час/пару*	Стоимость обработки, *руб./пару*
Жесткая кожа, вороток	1) вырубание 2) выравнивание 3) увлажнение 4) провяливание Итого:	м/р м/р р р	6 3 2 2	900 445 2100 2100	22,61 16,06 13,80 13,80	0,009 0,018 0,004 0,004 0,035	0,025 0,035 0,007 0,007 0,074
Картон Ibisolex	1) вырубание Итого:	м/р	6	1777	22,61	0,005 0,005	0,013 0,013

Таблица 7 – Стоимостные показатели материалов для подложки

Марка материала	Площадь *дм²*/ ширина материала, *см*	Сорт материала	Процент использования, %	Цена 1 *дм²*, *руб.*	Чистая площадь комплекта на пару, *дм²*	Норма расхода на пару, *дм²*	Стоимость комплекта, *руб.*
Жесткая кожа, вороток	80/-	2	72,0	0,42	4,58	6,36	2,67
Картон Ibisolex	-/150	1	78,5	0,16	4,58	5,83	0,93

мость изготовления обуви.

Результаты выполненной работы показали, что картон марки Ibisolex является технологичной заменой жестких натуральных кож и может быть рекомендован к применению для производства обуви сандально-клеевого метода крепления в качестве материала подложки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Издательский дом «Панорама» (2014), Специальная обувь – работнику должно быть удобно, *Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях*, 2014, № 12, С. 27–32.

2. Коновалов, К. Г., Буркин, А. Н. (2019), Методология исследования износостойкости рабочей обуви, *Вестник УО «ВГТУ»*, 2019, № 36, С. 46–53.

3. ООО «Арина» (2004), MAIN GROUP – комфорт, мода и высокие рабочие характеристики в защитной, рабочей и военной обуви, *Кожевенно-обувная промышленность*, 2004, № 3, С. 23–24.

4. Круговенко, В. В., Труевцева, О. А. (2013), Исследование экспериментальной модели рабочей обуви для строителей, *Кожевенно-обувная промышленность*, 2013, № 2, С. 26–27.

5. Еспенко, Ю. А., Томашева, Р. Н., Борисова, Т. М., Горбачик, В. Е. (2012), Комплексное исследование свойств современных стелечных картонов, *Вестник УО «ВГТУ»*, 2012, № 22, С. 47–53.

6. ГОСТ 9186-76. *Картон обувной и детали из него. Правила приемки и методы испытаний*, Введ. 1977.01.01, ИПК Издательство стандартов, Москва, 1976, 6 с.

7. ГОСТ 9187-74. *Картон обувной. Метод определения жесткости и изгибостойкости при статическом изгибе*, Введ. 1976.01.01, Госу-

REFERENCES

1. Panorama Publishing House (2014), Special shoes – an employee should be comfortable [Special'naja obuv' – rabotniku dolzhno byt' udobno], *Ohrana truda i tehnika bezopasnosti na promyshlennyh predprijatijah – Occupational health and safety at industrial enterprises*, 2014, № 12, pp. 27–32.

2. Konovalov, K. G., Burkin, A. N. (2019), Methodology for the study of wear resistance of work shoes [Metodologija issledovanija iznosostojkosti rabochej obuvi], *Vestnik UO «VGTU» – Vestnik of the UO "VSTU",* 2019, № 36, pp. 46–53.

3. Arina LLC (2004), MAIN GROUP – comfort, fashion and high performance in protective, work and military footwear [MAIN GROUP – komfort, moda i vysokie rabochie harakteristiki v zashhitnoj, rabochej i voennoj obuvi], *Kozhevenno-obuvnaja promyshlennost' – Leather and shoe industry*, 2004, № 3, pp. 23–24.

4. Krugovenko, V. V., Truevtseva, O. A. (2013), Research of an experimental model of work shoes for builders [Issledovaniej eksperimental'noj modeli rabochej obuvi dlja stroitelej], *Kozhevenno-obuvnaja promyshlennost' – Leather and shoe industry*, 2013, № 2, pp. 26–27.

5. Espenko, Yu. A., Tomasheva, R. N., Borisova, T. M., Gorbachik, V. E. (2012), A comprehensive study of the properties of modern shelving cartons [Kompleksnoe issledovanie svojstv sovremennyh stelechnyh kartonov], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta –*

дарственный комитет СССР по стандартам, Москва, 1974, 4 с.

8. ГОСТ 9542-89. *Картон обувной и детали обуви из него. Технические условия*, Введ. 1989.18.08, Государственный комитет СССР по стандартам, Москва, 1989, 16 с.

9. ГОСТ 8972-78. *Кожа искусственная. Методы определения намокаемости и усадки*, Введ. 1979.01.01, ИПК Издательство стандартов, Москва, 1978, 4 с.

10. Смелков, В. К. (2012), *Материаловедение: лабораторный практикум*, УО «ВГТУ», Витебск, 2012, 110 с.

11. ГОСТ 28966.1-91. *Клеи полимерные. Метод определения прочности при расслаивании,* Введ. 1992.01.01, Издательство стандартов, Москва, 1992, 9 с.

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

13. ГОСТ 9290-76. *Обувь. Метод определения прочности ниточных швов соединения деталей верха*, Введ. 1977.07.01, ИПК Издательство стандартов, Москва, 2002, 6 с.

Vestnik of Vitebsk State Technological University, 2012, No. 22, pp. 47–53.

6. GOST 9186-76. *Shoe cardboard and parts from it. Acceptance rules and test methods*, Vved. 1977.01.01, IPK Publishing House of Standards, Moscow, 1976, 6 p.

7. GOST 9187-74. *Shoe cardboard. Method for determining stiffness and bending resistance in static bending*, Vved. 1976.01.01, USSR State Committee on Standards, Moscow, 1974, 4 p.

8. GOST 9542-89. Shoe cardboard and shoe parts made from it. Technical specifications, Vved. 1989.18.08, USSR State Committee on Standards, Moscow, 1989, 16 p.

9. GOST 8972-78. *The leather is artificial. Methods for determining wetness and shrinkage*, Vved. 1979.01.01, IPK Publishing House of Standards, Moscow, 1978, 4 p.

10. Smelkov, V. K. (2012), *Materialovedenie: laboratornyj praktikum* [Materials science: laboratory workshop], UO "VSTU", Vitebsk, 2012, 110 p.

11. GOST 28966.1-91. *Polymer adhesives. Method for determining strength during delami*nation, Vved. 1992.01.01, Publishing House of Standards, Moscow, 1992, 9 p.

12. On the safety of light industry products: TR CU 017/2011 [O bezopasnosti produkcii legkoj promyshlennosti: TR TS 017/2011], 2011, approved. By the decision of the Commission of the Customs Union No. 876 of 2011.12.09, 44 p.

13. GOST 9290-76. *Footwear. Method for determining the strength of the thread joints of the connection of the upper parts*, Vved. 1977.07.01, Publishing House of Standards, Moscow, 2002, 6 p.

Статья поступила в редакцию 14. 10. 2021 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ КЛИНКЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ДОБАВКАМИ ОСАДКОВ ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ

STUDY OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF CERAMIC CLINKER MATERIALS WITH ADDITIVES OF CHEMICAL WATER TREATMENT SLUDGE

УДК 691.4

А.В. Гречаников[1]*, А.С. Ковчур[1], П.И. Манак[2], В.К. Шелег[3]

[1] Витебский государственный технологический университет

[2] ОАО «Обольский керамический завод»

[3] Белорусский национальный технический университет

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-1-104-114

A. Hrachanikau[1]*, A. Kovchur[1], P. Manak[2], V. Sheleh[3]

[1] Vitebsk State Technological University

[2] Obolsky Ceramic Plant JSC

[3] Belarusian National Technical University

РЕФЕРАТ

КЛИНКЕР, КЛИНКЕРНАЯ ТРОТУАРНАЯ ПЛИТКА, ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОДУКТЫ, ОСАДКИ ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ, ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ, КЕРАМИЧЕСКИЙ КЛИНКЕРНЫЙ КИРПИЧ

Целью представленной работы является оценка влияния добавки осадков химической водоподготовки на структуру керамических клинкерных материалов и их физико-механические свойства. Проведенные предварительные исследования по использованию техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки теплоэлектроцентралей) в качестве добавок при производстве клинкерных керамических материалов показали, что их применение не ухудшает качества конечного изделия. На ОАО «Обольский керамический завод» изготовлены опытные образцы керамической клинкерной тротуарной плитки (керамический клинкерный кирпич) с добавками техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки). Добавка осадков химической водоподготовки в количестве 2 мас. % способствует формированию более равномерной структуры спеченной основной массы плитки, приводит к процессам кристаллизации твердых минералов из расплава и увеличению

ABSTRACT

CLINKER, BRICK PAVING SLABS, TECHNOGENIC PRODUCTS, RAINFALL OF CHEMICAL WATER TREATMENT, COMBINED HEAT AND POWER PLANT, CERAMIC BRICK

The purpose of the presented work is to assess the effect of the addition of chemical water treatment precipitates to the structure of ceramic clinker materials and their physical and mechanical properties. Preliminary studies conducted on the use of technogenic products of the energy complex (precipitation of chemical water treatment of thermal power plants) as additives in the production of clinker ceramic materials showed that their use does not impair the quality of the final product. At Obolsky Ceramic Plant, prototypes were produced of ceramic clinker paving tiles (ceramic clinker bricks) with additives of technogenic products of the energy complex (precipitation of chemical water treatment). Addition of chemical water treatment precipitates in amount of 2 % of weight contributes to formation of more uniform structure of sintered main mass of tiles, leads to processes of solid minerals crystallization from melt and increases the amount of glass phase, which determines strength properties of ceramic products. Studies of the physical and mechanical properties of the prototypes showed that ceramic clinker tiles

* E-mail: *grec_alex@rambler.ru* (A. Hrachanikau)

количества стеклофазы, определяющей прочностные свойства керамических изделий. Исследования физико-механических свойств опытных образцов показали, что плитка керамическая клинкерная (кирпич керамический клинкерный) с добавкой техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки теплоэлектроцентралей) соответствует СТБ 1787-2007. По результатам выполненных исследований на ОАО «Обольский керамический завод» разрабатываются технические условия на керамическую клинкерную плитку и технологический регламент ее изготовления.

(ceramic clinker bricks) with the addition of technogenic products of the energy complex (precipitation of chemical water treatment of thermal power plants) comply with STB 1787-2007 standard. Based on the results of the studies performed at Obolsky Ceramic Plant, specifications for ceramic clinker tiles and technological regulations for their manufacture are being developed.

Клинкер, или клинкерная керамика, – это искусственные каменные материалы установленной формы, выработанные из глины путем обжига при температуре до 1300 $^{\circ}C$ до полного спекания без остекловывания поверхности. От обычных изделий грубой строительной керамики клинкерные керамические материалы отличаются более высокой механической прочностью (на сжатие, истирание и изгиб), меньшим водопоглощением (0–6 % по массе). Применяются для отделки фасадов, покрытия мостовых, изготовления ступеней и др. [1].

К основным материалам, которые являются сырьём для производства клинкерных керамических изделий, относятся глины, каолины. Для придания необходимых свойств при изготовлении клинкерных керамических материалов используются пигменты, BaC_2 для связывания водорастворимых солей, порообразующие, выгорающие, отощающие или пластифицирующие добавки. Порообразующие материалы (вещества, которые при обжиге диссоциируют с выделением газа, например CO_2 (молотые мел, доломит), или выгорают, вводят в сырьевую массу для получения легких керамических изделий с повышенной пористостью и пониженной теплопроводностью. Выгорающие добавки: древесные опилки, измельченный бурый или каменный уголь, отходы углеобогатительных фабрик, золы ТЭС и лигнин не только повышают пористость стеновых керамических изделий, но также некоторые из них способствуют равномерному спеканию керамического черепка. Пластифицирующими добавками являются высокопластичные глины, а также поверхностно-активные вещества [1].

В последнее время всё более востребованными являются технологии по рациональному использованию природных ресурсов. В ряде случаев использование отходов промышленного производства позволяет заменить природные ресурсы. Наряду с этим, применение техногенного сырья решает важную экологическую проблему загрязнения окружающей среды, позволяет уменьшить затраты на производство строительных материалов по сравнению с производством из природного сырья [2]. Известны также результаты зарубежных исследований [3, 4], которые свидетельствуют о мировых тенденциях в индустрии отделочно-строительных материалов, рассматривающих перспективность применения осадков химводоподготовки при изготовлении керамических клинкерных материалов.

В настоящее время на территории Республики Беларусь не производится клинкерная тротуарная плитка (керамический клинкерный кирпич), поэтому данный вид на рынке строительных материалов представлен только импортной продукцией. На основе проведенного мониторинга маркетинговой службы ОАО «Обольский керамический завод» установлено, что при соответствующем качестве, в сочетании с более низкой ценой, по сравнению с импортируемой, клинкерная тротуарная плитка (керамический клинкерный кирпич) будет пользоваться устойчивым спросом.

Цель работы – оценка влияния добавки осадков химической водоподготовки на структуру керамических клинкерных материалов и их физико-механические свойства.

Материалы и методы исследования

Основой для производства клинкера является глина. Химический состав в значительной мере определяет пригодность глинистого сырья для производства определенных видов изделий. Примерное содержание оксидов в глинистых породах: SiO_2 – 45–80 %; Al_2O_3 – 10–35 %; CaO – 0,5–25 %; MgO – 0–4 %; Fe_2O_3 до 15 %, TiO_2 – не более 1,5 %; Na_2O и K_2O – до 6 % [1]. Установившаяся практика показала, что глина, применяемая для изготовления клинкера, должна обладать следующими свойствами:

– температура спекания – в диапазоне от 1160 °C до 1250 °C;

– содержание оксидов (CaO и MgO) – не более 1,25–2,0 %;

– содержание оксида Fe_2O_3 – не менее 6–9 %, а щелочей – не менее 3,3–7,8 %;

– содержание оксида Al_2O_3 – от 17,5 до 23 % [1, 5].

Химический состав связан с минералогическим составом: повышенное содержание глинозема характерно для каолинита ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot \cdot 2H_2O$); резко пониженное количество Al_2O_3 и повышенное SiO_2 характерно для монтмориллонита ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot (OH)_2 \cdot nH_2O$). Гидрослюда занимает промежуточное положение. Химический состав является одним из критериев пригодности сырья для производства керамических изделий различного назначения. Структура клинкера представляет собой соединение множества кристаллов разных размеров, между которыми находится промежуточное вещество. Состав клинкера можно подразделить на химический и минералогический. Минералогический состав клинкера содержит следующие основные компоненты: алюминат ($3CaO \cdot Al_2O_3$) – 5–15 %; алит ($3CaO \cdot SiO_2$) – 40–60 %; белит ($CaO \cdot SiO_2$) – 15–40 %; алюмоферрит ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$) – 10–20 %. Химический состав клинкера может колебаться в достаточно больших пределах, даже в вышеописанном алюминате за счёт инородных ионов, особенно Si^{4+}, Fe^{3+}, Na^{+} и K^{+}. Основными оксидами являются: оксид кальция (CaO) 64–66 %; диоксид кремния (SiO_2) 22–24 %; оксид железа (Fe_2O_3) 2–4 %; оксид алюминия (Al_2O_3) 5–8 %, которые в сумме составляют до 97 % [5, 6, 7]. Остальное – составляют различные добавки.

Важной составляющей глинистого сырья в процессе производства клинкерных керамических материалов является наличие в нем оксида алюминия (Al_2O_3). Он снижает вязкость массы, а также позволяет снизить деформацию изделий в процессе обжига. Легкоплавкие глины имеют в своем составе недостаточное количество Al_2O_3, поэтому для его увеличения (до 17–25 %) в шихту добавляют каолинитовые глины [5, 6, 7].

В работе [8] были проведены исследования по оптимизации соотношения между осадками химической водоподготовки ТЭЦ и температурным режимом окончательного обжига плитки с целью установить рациональные значения содержания осадков химической водоподготовки ТЭЦ, обеспечивающие требуемые физико-механические свойства плитки и температурный режим окончательного обжига с наиболее низким расходом энергоресурсов. По результатам выполненных исследований [8] и в соответствии с требованиями СТБ 1450-2010 «Технологическая документация. Рецептура. Общие требования к разработке» разработана рецептура, состав сырья и изготовлена опытная партия керамической клинкерной плитки. Состав смеси для формовки керамической клинкерной плитки с добавками осадков химической водоподготовки ТЭЦ составлял, мас. %:

– глина месторождения «Рудня-2» – 25 %;

– глина месторождения «Латненское» – 40 %;

– глина месторождения «Заполье» – 30 %;

– шамот (бой огнеупорного кирпича) – 3 %;

– осадки химической водоподготовки ТЭЦ – 2 %.

Анализ компонентов глинистого сырья, представленный в работе [9], показал, что глина месторождений «Рудня-2», «Заполье» имеют содержание оксида (Al_2O_3) – от 11,90 % до 14,00 % соответственно, а глина месторождения «Латненское» Воронежской обл. – 26,35 %. Кроме того, глина месторождения «Заполье» имеет повышенное содержание оксида кальция (CaO) и магния (MgO) – 7,20 % 2,40 % соответственно. Для снижения вредного воздействия оксидов кальция и магния глинистое сырье проходило предподготовку в виде измельчения. В качестве шамота использовался бой огнеупорного кирпича.

Результаты проведенных исследований фазового и оксидного состава осадков химической водоподготовки ТЭЦ, представленные в работах [9, 10], показали наличие значительного количества неблагоприятных для изготовления клинкерных керамических материалов фаз кальцита ($CaCO_3$) и $FeO(OH)$, а также оксида кальция (CaO). Гранулометрический состав отходов химической водоподготовки ТЭЦ составлял от 7 $мкм$ до 1,25 $мм$. Наличие этих примесей в виде крупных включений способно привести к появлению пор в структуре клинкера, и как следствие, к разрушению изделий после обжига. Для того, чтобы снизить вредное влияния на физико-механические и эксплуатационные свойства клинкера присутствия в осадках химической водоподготовки ТЭЦ этих фаз и оксидов, добавка осадков химической водоподготовки ТЭЦ проходила интенсивную механическую активацию [10].

Анализ полученных результатов

Исследование элементного состава и анализ микроструктуры образцов керамической клинкерной плитки проводили с помощью электронного сканирующего микроскопа JEOL JSM-5610 LV с электронно-зондовым энергодисперсионным рентгеновским микроанализатором EDX JED-2201 (JEOL Ltd., Япония). В соответствии с методикой проведения исследований были подготовлены срезы образцов плитки, толщиной 50 $мм$. Для проверки воспроизводимости результатов энергодисперсионного анализа на каждом срезе выбирались несколько точек, в которых проводились измерения. На рисунках 1 и 2 приведены результаты рентгено-флюоресцентного анализа образцов. В таблице 1 представлен усредненный элементный состав по всем срезам образцов плитки.

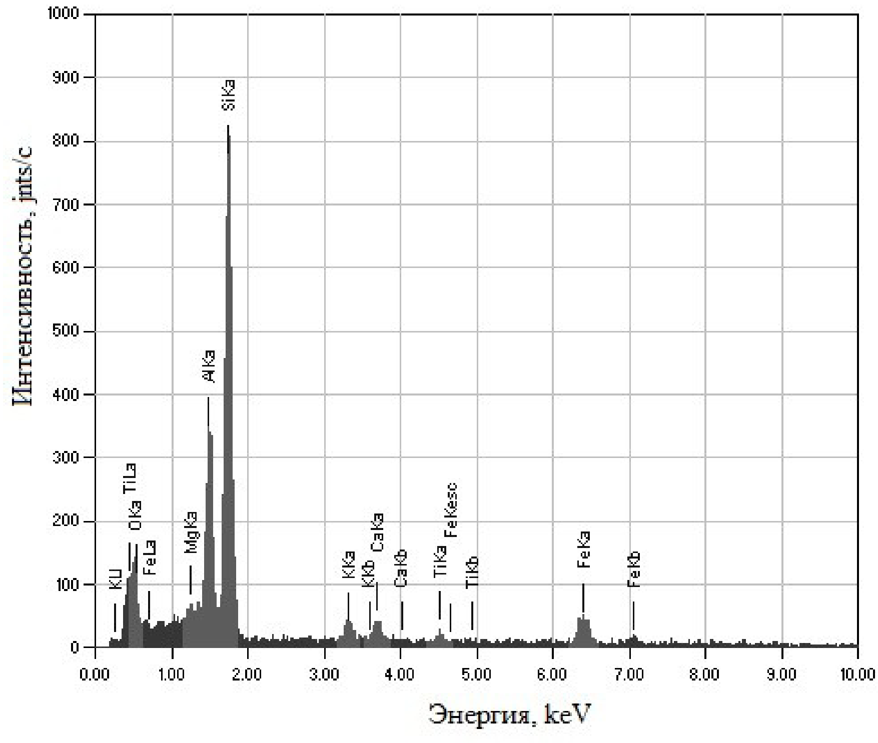


Рисунок 1 – Рентгено-флюоресцентный анализ образца плитки с добавкой осадков химводоподготовки (2 %)

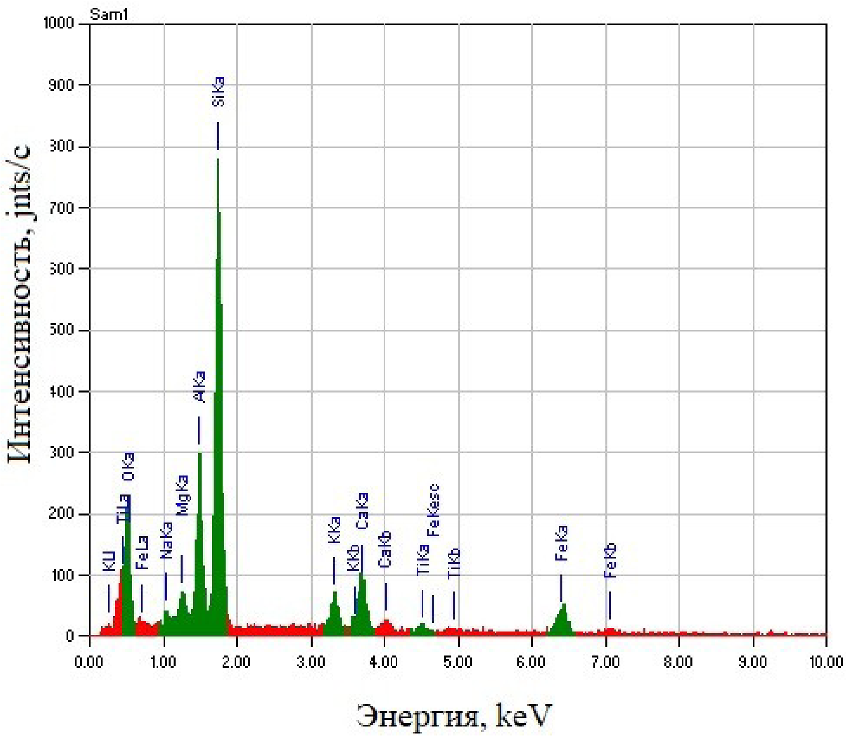


Рисунок 2 – Рентгено-флюоресцентный анализ образца плитки без добавки осадков химводоподготовки

Таблица 1 – Усредненный элементный состав образцов керамической клинкерной плитки

Образец плитки с добавками осадков химводоподготовки (2 %)			Образец плитки без добавки осадков химводоподготовки		
Element	**Mas., %**	**Error, %**	**Element**	**Mas., %**	**Error, %**
O	30,29	0,03	***O***	45,91	0,00
Na	0,22	0,01	***Na***	0,96	0,18
Mg	0,64	0,01	***Mg***	1,71	0,13
Al	14,60	0,01	***Al***	9,02	0,13
Si	39,29	0,01	***Si***	27,75	0,15
K	2,17	0,01	***K***	3,09	0,10
Ca	2,52	0,01	***Ca***	5,06	0,14
Ti	1,66	0,01	***Ti***	0,77	0,19
Fe	8,61	0,01	***Fe***	5,73	0,25
Всего	100,00		Всего	100,00	

Анализ элементного состава образца керамической клинкерной плитки показал, что включение добавки осадков химводоподготовки в состав керамической массы увеличило содержание железа (5,73 мас. % в образце без добавки и 8,61 мас. % в образце с добавкой), а добавление глины месторождения «Латненское» – содержание алюминия (9,02 мас. % в образце без добавки и 14,60 мас. % в образце с добавкой), что положительно сказывается на плотности плитки.

Кроме этого, введение добавки и глин месторождений «Латненское» и «Рудня 2» увеличило содержание кремния (27,75 мас. % в образце без добавки и 39,29 мас. % в образце с добавкой). В процессе обжига образца основной кристаллической фазой будет являться кварц, кроме того, будут присутствовать фазы алюмосиликатов и гематита. Основными фазовыми превращениями в оксидах SiO_2 являются полиморфные переходы α-β-кварц [10, 11]. В силикатах эти превращения начинают происходить в интервале температур от 500 до 550 $^\circ C$ в результате энергоемкого процесса с потерей кристаллизационной воды, при этом каолинит трансформируется в метакаолинит, который является промежуточной стадией при переходе к высокотемпературным кристаллическим решеткам. Оксид алюминия Al_2O_3 в указанном температурном интервале будет преобразовываться в результате твердофазной реакции в анортит. В глине в интервале температур (900–950) $^\circ C$ будет происходить переход железистых соединений в гематит Fe_2O_3 с выраженным экзотермическим эффектом, что способствует локальному разогреву керамики и, как следствие, активации процессов спекания. Кальцит при температуре (900± 10) $^\circ C$ подвергается разложению с образованием оксида кальция CaO и CO_2, а соединения железа и его оксиды, предположительно, растворяются в стеклофазе [12]. Этот процесс является эндотермическим и по температуре совпадает с процессом дегидратации каолинита [13]. Согласно диаграмме фазовых состояний системы $CaO{-}SiO_2$ [14], в интервале температур (800–930) $^\circ C$ образуются соединения метасиликата кальция ($CaSiO_3$), трехкальциевый силикат ($Ca_3Si_2O_7$) и ортосиликат (Ca_2SiO_4) кальция. В работе [15] показано, что процесс кристаллизации анортита в глинистой массе с повышенным содержанием кальцита начинается при температуре 840 $^\circ C$ и проходит с выраженным экзотермическим эффектом. Процессы диссоциации $CaCO_3$ и дегидратации каолинита являются эндотермическими и проходят с учетом энергии, выделяемой при кристаллизации анортита. Вследствие этого оптимальный режим температурной обработки должен ускорить фазовые превращения с увеличением количества формируемого анортита, что будет способствовать повышению прочности керамики [12].

Микроструктура образцов плитки с добавлением осадков химводоподготовки и без добавки осадков по данным проведенной оптической микроскопии представляет собой наличие относительно крупных плотных включений, а также пор (рисунок 3 *а*, *б* и 4 *а*, *б*) в спеченной

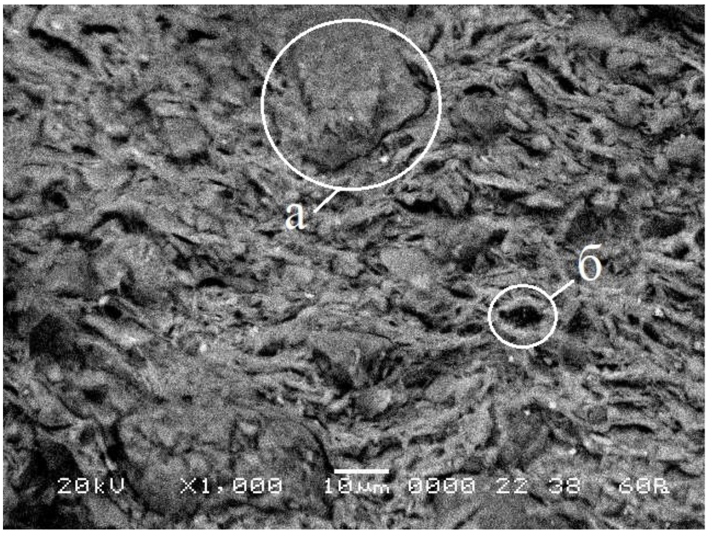


Рисунок 3 – Микроструктура образца керамической клинкерной плитки (увеличение в 1000 раз) с добавкой осадков химводоподготовки: а – плотные включения, б – поры

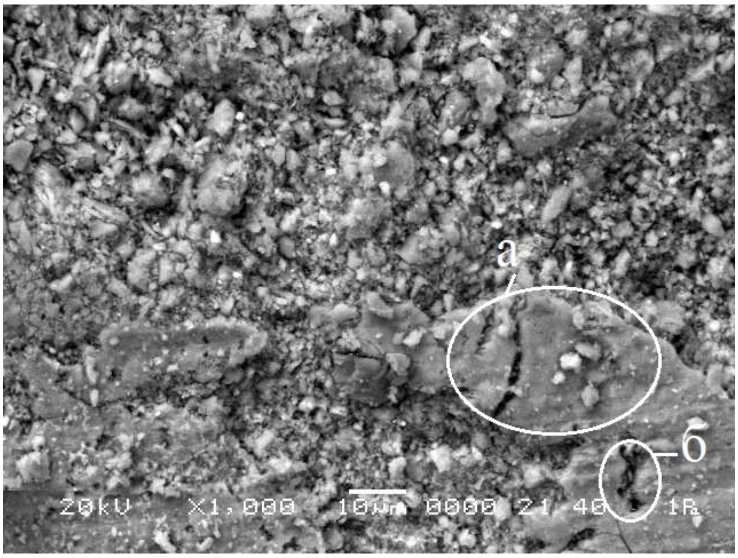


Рисунок 4 – Микроструктура образца керамической клинкерной плитки (увеличение в 1000 раз) без добавок: а – плотные включения, б – поры

основной массе плитки. Анализируя полученные изображения, можно сделать вывод о том, что добавление осадков химической водоподготовки в шихту способствует формированию более равномерной структуры (рисунок 3) спеченной основной массы плитки по сравнению с мелкозернистой структурой в образце без добавки (рисунок 4). Наличие в образцах относительно крупных плотных включений, а также пор, может быть признаком появления расплава при снижении температуры плавления и приводить к процессам кристаллизации минералов из расплава. Этому процессу способствует увеличение содержания карбоната кальция, при разложении которого происходит выделение газов, что приводит к образованию пор. Наличие в осадках фаз кальцита способствует увеличению количества жидкой фазы и, возможно, содержанию стеклофазы $R_2O \cdot R_2O_3 \cdot nSiO_2$, в которой, предположительно, растворяются оксиды железа и железистых соединений.

Проведенные исследования плитки по основным физико-механическим свойствам показали (таблица 2), что добавление неорганических осадков химической водоподготовки ТЭЦ в количестве 2 мас. % не ухудшает прочностных свойств керамической клинкерной плитки [8, 16].

В ходе лабораторных испытаний, проведенных отделом технического контроля ОАО «Обо-

Таблица 2 – Результаты испытаний плитки

Наименование показателя. Единицы измерения	**Нормированное значение показателей, установленных СТБ 1787–2007**	**Среднее значение показателей для образца без добавки**	**Среднее значение показателей для образца с добавкой**
1. Плотность, $кг/м^3$	Не менее 2000	2150	2200
2. Предел прочности при сжатии, $МПа$	25	30,8	30,6
3. Предел прочности при изгибе, $МПа$	1,7	3,4	3,4
4. Водопоглощение, %	не более 4	1,8	3,8
5. Наличие известковых включений	–	нет	нет

льский керамический завод», установлено, что опытные образцы плитки согласно СТБ 1787-2007 «Кирпич керамический клинкерный. Технические условия» соответствуют классу А [16].

ВЫВОД

1. Добавление осадков химической водоподготовки ТЭЦ в количестве 2 мас. % при производстве керамических клинкерных материалов из глинистого сырья «Заполье», «Рудня-2» и «Латненское» способствует появлению расплава, что приводит к процессам кристаллизации твердых минералов из расплава и увеличению количества стеклофазы, определяющей прочностные свойства керамических изделий.

2. Добавление осадков химической водоподготовки ТЭЦ в шихту способствует формированию более равномерной структуры спеченной основной массы плитки.

3. По функциональному назначению отходы химводоподготовки ТЭЦ могут быть рекомендованы в качестве добавки в состав керамической массы при производстве керамической клинкерной плитки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трофимов, Б. Я., Шулдяков, К. В. (2019), *Технология строительной керамики: учебное пособие*, Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 524 с.

2. Лазарева, Т. Л., Куликова, Е. С. (2016), Исследование влияния отходов промышленности на свойства стеновой керамики, Технические науки – от теории к практике, *Сборник статей по материалам LV Международной научно-практической конференции,* Новосибирск, 2016, Т. 50, № 2, С. 135–140.

3. Макаров, Д. В., Мелконян, Р. Г., Суворова, О. В., Кумарова, В. А. (2016), Перспективы использования промышленных отходов для получения керамических строительных материалов, *Горный информационно-аналитический бюллетень,* 2016, № 5, С. 254–281.

REFERENCES

1. Trofimov, B. Ya., Shuldyakov, K. V. (2019), *Tekhnologiya stroitel'noy keramiki: uchebnoe posobie* [Construction ceramics technology: study], Chelyabinsk, Izdatel'skiy tsentr YuUrGU, 524 p.

2. Lazareva, T. L., Kulikova, E. S. (2016), Industry waste effect on wall ceramics properties [Issledovanie vliyaniya otkhodov promyshlennosti na svoystva stenovoy keramiki], Engineering sciences – from theory to practice, *Collected papers of proceedings of 55th International scientific and practical conference,* Novosibirsk, 2016, vol. 50, № 2, pp. 135–140.

3. Makarov, D. V., Melkonyan, R. G., Suvorova, O. V., Kumarova, V. A. (2016), Prospects for use of industrial waste to obtain ceramic building materials [Perspektivy ispol'zovaniya promyshlennykh otkhodov dlya polucheniya

4. Cruz, D. C., Oliveira, J. S., Alvarenga, M. C. S., Lavall, R. L., de Oliveira, C. R. (2016), Quality Improvement of Ceramic Bricks by Incorporation of Sludge from Water Treatment Units, *Journal of Chemical Engineering and Chemistry*, 2016, Vol. 2, № 2, P. 42–56.

5. Особенности химического и минералогического состава клинкера (клинкерного кирпича), а также его структуры (2019), available at: http: http://mini-proizvodstvo.ru/klinkernyj-kirpich/proizvodstvo-klinkernogo-kirpicha.html (accesed 22 September 2019).

6. Освоение производства клинкерного кирпича на Обольском керамическом заводе (2019), available at: http: https://ais.by/story/734 (accesed 22 December 2019).

7. Клинкерный кирпич (2019), available at: http: http://tellis.ucoz.ru/publ/klinkernyj_kirpich/14-1-0-142 (accesed 22 December 2019).

8. Гречаников, А. В., Ковчур, А. С., Потоцкий, В. Н., Тимонов, И. А., Лятос, А. И. (2021), Исследование влияния содержания в исходном сырье осадков химической водоподготовки на физико-механические свойства тротуарной плитки, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2021, № 1(40), С. 115.

9. Манак, П. И., Ковчур, А. С., Гречаников, А. В., Тимонов, И. А. (2020), Техногенные продукты химической водоподготовки теплоэлектроцентралей как добавка к клинкерным керамическим материалам, *Вестник Витебского государственного технологического университета,* 2020, № 1(38), С. 150.

10. Ковчур, А. С., Шелег, В. К., Жорник, В. И., Ковалева, С. А. (2020), Модифицирование керамического кирпича добавками неорганических техногенных продуктов водоподготовки ТЭЦ, *Наука и техника,* 2020, Т. 19, № 3, С. 204–214.

11. Левицкий, И. А., Хоружик, О. Н. (2017), Иссле-

keramicheskikh stroitel'nykh materialov], *Gorny Informatsionno-Analitichesky Byulleten – Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2016, № 5, pp. 254–281.

4. Cruz, D. C., Oliveira, J. S., Alvarenga, M. C. S., Lavall, R. L., de Oliveira, C. R. (2016), Quality improvement of ceramic bricks by incorporation of sludge from water treatment units, *Journal of Chemical Engineering and Chemistry*, 2016, Vol. 2, № 2, pp. 42–56.

5. Osobennosti khimicheskogo i mineralogicheskogo sostava klinkera (klinkernogo kirpicha), a takzhe ego struktury [Features of the chemical and mineralogical composition of clinker brick and also its structures] (2019), available at: http: http://mini-proizvodstvo.ru/klinkernyj-kirpich/proizvodstvo-klinkernogo-kirpicha.html (accesed 22 September 2019).

6. Osvoenie proizvodstva klinkernogo kirpicha na Obol'skom keramicheskom zavode [Development of clinker brick production at Obol Ceramic Plant] (2019), available at: http: https://ais.by/story/734 (accesed 22 December 2019).

7. Klinkernyy kirpich [Clinker brick] (2019), available at: http: http://tellis.ucoz.ru/publ/klinkernyj_kirpich/14-1-0-142 (accesed 22 December 2019).

8. Hrachanikau, A., Kauchur, A., Patotski, V., Timonov, I., Liatas, A. (2021), Investigation of influen-ce of chemical water treatment sediments content in initial raw material on physical and mechanical properties of paving tiles [Issledovanie vliyaniya soderzhaniya v iskhodnom syr'e osadkov khimicheskoy vodopodgotovki na fiziko-mekhanicheskie svoystva trotuarnoy plitki], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2021, № 1(40), p. 115.

9. Manak, P., Kauchur, A., Hrachanikau, A., Timonov, I. (2020), Technogenic products of chemical water treatment of thermal power plants

дование процессов спекания полиминеральных глин с целью получения клинкерного кирпича, Наука и технологии строительных материалов: состояние и перспективы развития, *Материалы докладов Международной научно-технической конференции*, Минск, БГТУ, 2017, С. 93–96.

12. Левицкий, И. А., Климов, Ю. А. (2005), Структурообразование плотноспекшейся керамики бытового назначения, *Стекло и керамика*, 2005, № 6, С. 32–36.

13. Голованов, С. П., Зубехин, А. П., Лихота, О. В. (2004), Отбеливание и интенсификация спекания керамики при использовании железосодержащих глин, *Стекло и керамика*, 2004. № 12, С. 9.

14. Павлов, В. Ф. (1977), *Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики*, Москва, Стройиздат, 1977, 240 с.

15. Каныгина, О. Н., Четверикова, А. Г., Лазарев, Д. А., Сальникова, Е. В. (2010), Высокотемпературные фазовые превращения в железосодержащих глинах, *Вестник Оренбургского государственного унивеситета*, 2010, Т. 112, № 6, С. 113–118.

16. СТБ 1787-2007. *Кирпич керамический клинкерный. Технические условия* – Введ. 2007-09 - 28, Минск, Госстандарт Республики Беларусь, 2007, 7 с.

as an additive to clinker ceramic materials [Tekhnogennye produkty khimicheskoy vodopodgotovki teploelektrotsentraley kak dobavka k klinkernym keramicheskim materialam], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk state technological university,* 2020, № 1(38), p. 150.

10. Kauchur, A. S., Sheleh, V. K., Zhornik, V. I., Kovaliova, S. A. (2020), Modification of a ceramic brick additives of inorganic technogenic products of water treatment of combined heat and power plant [Modifitsirovanie keramicheskogo kirpicha dobavkami neorganicheskikh tekhnogennykh produktov vodopodgotovki TETs], *Nauka i tekhnika – Science and Technique*, 2020, № 19(3), pp. 204–214.

11. Levitskiy, I. A., Khoruzhik, O. N. (2017), Research of sintering processes the polimeneralnykh of clays for the purpose of receiving a brick brick [Issledovanie protsessov spekaniya polimineral'nykh glin s tsel'yu polucheniya klinkernogo kirpicha], Science and technologies of structural materials: state and prospects of development, *Materials of the International scientific and technical conference*, Minsk, 2017, pp. 93–96.

12. Levitskii, I. A., Klimov, Yu. A. (2005), Structuring of densely sintered ceramic for domestic use [Strukturoobrazovanie plotnospeksheysya keramiki bytovogo naznacheniya], *Steklo i Keramika – Glass and Ceramics,* 2005, № 6, pp. 32–36.

13. Golovanov, S. P., Zubekhin, A. P., Likhota, O. V. (2004), Bleaching and intensification of sintering of ceramics based on iron-bearing clays [Otbelivanie i intensifikatsiya spekaniya keramiki pri ispol'zovanii zhelezosoderzhashchikh glin], *Steklo i Keramika – Glass and Ceramics*, 2004, № 12, pp. 9–11.

14. Pavlov V. F. (1977), *Physicochemical principles of firing construction ceramics* [Physical and chemical bases of roasting of construction

ceramics], Moscow, Stroyizdat Publ, 240 p.

15. Kanygina, O. N., Chetverikova, A. G., Lazarev, D. A., Sal'nikova, E. V. (2010), High-temperature of phase transformations in iron clays [Vysoko-temperaturnye fazovye prevrashcheniya v zhelezosoderzhashchikh glinakh], *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta – Vestnik of Orenburg State University,* 2010, № 112 (6), pp. 113–118.

16. STB 1787-2007. *The brick is ceramic brick. Specifications*, Entered 2007-09-28, Minsk, Gosstandart of Republic of Belarus publ., 2007, 7 p.

Статья поступила в редакцию 24. 11. 2021 г.

ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНКИ С ИНСЕКТИЦИДНЫМИ ДОБАВКАМИ

INFLUENCE OF FUNCTIONAL FILLERS ON PHYSICAL-CHEMICAL AND PERFORMANCE PROPERTIES OF FILM WITH INSECTICIDE ADDITIVES

УДК 691.175.5/.8
https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-115-123

Е.В. Лашкина*
Белорусский государственный университет транспорта

E. Lashkina*
Belarusian State University of Transport

РЕФЕРАТ

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ИНСЕКТИЦИДЫ, КАРБОНАТ КАЛЬЦИЯ, ГИДРОКСИБЕНЗОФЕНОНЫ, УФ-АБСОРБЕНТ, ОДОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработаны и изготовлены многофункциональные материалы, на основе полиэтилена высокого давления, путем модифицирования полимерной матрицы химически активными реагентами (инсектицидами из классов: синтетические пиретроиды, фосфорорганические соединения, неоникотиноиды), УФ-стабилизатором и мелкодисперсными частицами карбоната кальция, оптимизированные по рецептурным, структурным, физическим и физико-химическим параметрам и биоактивности.

Целью работы является изучение влияния функциональных наполнителей на физико-химические и эксплуатационные свойства многофункциональной инсектицидной защитной пленки.

Предложен способ получения инсектицидной полимерной композиции, модифицированной функциональными наполнителями. Показаны изменения величин деформационно-прочностных характеристик модифицированных полиэтиленовых пленок в процессе светового старения.

Исследованы возможные физико-химические закономерности процессов, происходящих при пленкообразовании инсектицидных полимерных материалов между функциональными группами компонентов. Проведены одометрические исследования по определению наличия, интенсивности и характера запаха воздуха, создаваемого химическими веществами, выделяющимися из

ABSTRACT

POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS, INSECTICIDES, CALCIUM CARBONATE, HYDROXYBENZOPHENONES, UV-ABSORBENT, ODOMETRIC STUDIES

A method has been developed for the production of multifunctional polymer film materials based on high-pressure polyethylene by modifying the polymer matrix with chemically active reagents: insecticides (class synthetic pyrethroids (permethrin, cypermethrin, β-cypermethrin) organophosphorus compounds (pyrimiphos-methyl), neonicotinoids (imidacloprid)), fine particles of calcium carbonate, UV-absorbent class hydroxybenzophenones, optimized for physical, physical-chemical properties, microbiological activity

Studies by the method of IR spectroscopy have shown that in insecticidal polymer composites, an ether bond is formed between the molecules of the components.

Insecticide molecules immobilized in the loose structure of calcium carbonate particles retain their mobility and ability to evaporate, providing a prolonged action of the film.

The developed samples of insecticidal polymer films will reduce losses from biological damage to light industry products packed in film cases.

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

изучаемых полимерных образцов инсектицидных пленок в воздушную среду.

Разработанные новые многофункциональные инсектицидные полимерные материалы пролонгированного действия могут найти применение в качестве упаковочной пленки для изделий из кератинсодержащих материалов (шерстяные ткани, меха, ковры, одежда, мебель и т. д.), предотвращающей их повреждение молью, кожеедами, мехоедами и другими насекомыми-вредителями.

ВВЕДЕНИЕ

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

Проблема защиты материалов от биоповреждений, вызываемых насекомыми-вредителями на транспорте и складских помещениях, всегда была объектом внимания служб, занятых хранением изделий на складских помещениях, организаций МЧС, обеспечивающих хранение шерстяных изделий для чрезвычайных ситуаций. Доставляемый насекомыми-кераторфагами (например, платяной, шубной, меховой, войлочной и ковровой молью, кожеедами, мехоедами) вред заключается не только в уничтожении и порче материала, но и в его загрязнении.

Технология борьбы с насекомыми-вредителями с помощью инсектицидных препаратов традиционно используется в текстильной промышленности. Инсектицидное средство на основе четвертичной аммониевой соли наносят в виде покрытий на ткани, меха и изделия из них [1]. Такой препарат получил ограниченное применение из-за технологической сложности и ухудшения качества изделий.

Способ защиты товарной продукции от насекомых-кератофагов – модифицирование бумажных носителей раствором инсектицида (бумажные мешки погружают в раствор инсектицида) [2]. Такой способ предполагает использование в качестве основного упаковочного материала бумаги, которая характеризуется низкими прочностью и влагостойкостью.

Известна инсектицидная композиция, содержащая полимерное связующее на основе полипропилена и аддукт (продукт, полученный в результате реакций присоединения) на основе пиретроида, ПАВ и винилфосфата (инсектицид). В такой композиции отсутствует компонент, позволяющий равномерно распределять малое количество модификаторов в связующем. Пленка имеет невысокую стойкость к окислению на воздухе вследствие неоптимального распределения в полимерном связующем антиоксиданта [3].

Одним из способов воздействия на численность летающих насекомых широкое применение находят пиретроидные инсектицидные препараты фумигационного действия [4]. Эффективность данных препаратов достигается только при нагревании их до температуры 130–160 $^{\circ}C$.

В настоящее время основными средствами борьбы с биоагентами являются химические препараты – инсектициды, которые относятся к различным классам соединений и отличаются по своей структуре, действию на различные виды членистоногих, скоростью и характером метаболизма в организме, продолжительностью остаточного действия и избирательной токсичностью.

Значительное изменение имеющихся у материала свойств и придание ему новых характеристик возможно за счет введения модифицирующих добавок, которые изменяют эксплуатационные и технологические свойства, облегчая переработку материала в изделие при снижении производственных затрат [5].

В качестве стабилизатора, повышающего стойкость полиэтиленового связующего к термоокислительной деструкции и действию УФ-излучения, использовали УФ-абсорбент класса 2-гидроксибензофенон, мировым лидером по производству которых является Швейцарская компания CIBA (BASF) [6].

Высокая стабилизирующая активность гидроксибензофенонов обусловлена их многофункциональностью. Они поглощают УФ-излучение, защищая тем самым от него не только упакованные товары, но и саму полимерную упаковку [7].

Для равномерного распределения в полимерной матрице инсектицида и стабилизатора, а также повышения устранения слипания готовой к эксплуатации пленки применяют порошок карбонат кальция ($\boldsymbol{CaCO_3}$) [8], [9], [10].

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

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ

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

В качестве активных компонентов в полимерных пленочных материалах были выбраны инсектициды различного спектра действия, обладающие высокой инсектицидной активностью, экологической безопасностью, эксплуатационные характеристики ($\boldsymbol{T_{разл.}}$ 180–230 $\boldsymbol{{}^\circ C}$, $\boldsymbol{T_{кип.}}$ 120–286 $\boldsymbol{{}^\circ C}$), удовлетворяющие температуре переработки полимерной матрицы, [11], [12], [13]:

– синтетический пиретроид – перметрин (торговая марка «Перметрин», вязкая жидкость) – (IRS)-цис, транс-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилцикло-пропанкарбоновой кислоты 3-феноксибензиловый эфир, ТУ 113-04-331-91, эмпирическая формула $\boldsymbol{C_{21}H_{20}Cl_2O_3}$;

– синтетический пиретроид – циперметрин (торговая марка «Шарпей», МЭ) – (IRS)-цис, транс-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоновой кислоты (RS)-3-фенокси-6-цианобензиловый эфир, ТУ 2387-015-45418518-99, эмпирическая формула $\boldsymbol{C_{22}H_{19}Cl_2NO_3}$;

– синтетический пиретроид – $\boldsymbol{\beta}$-циперметрин (торговая марка «Кинмикс», КЭ) –6-циано-3- феноксибензол-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметил-циклопропанкарбоксилат, ТУ 2441-061-48811647-2006, эмпирическая формула $\boldsymbol{C_{22}H_{19}Cl_2NO_3}$;

– фосфорорганический инсектицид – пиримифос-метил (торговая марка «Актеллик», КЭ) – 2-диэтиламино-6-метилпиримидин-4-ил диметилфосфат, ТУ 2387-007-00494172-97, эмпирическая формула $\boldsymbol{C_{11}H_{20}N_3O_3PS}$;

– инсектицид класса нионикотиноидов, действующее вещество – имидаклоприд (торговая марка «Искра Золотая», ВРК) – 4,5-дигидро-N-нитро-1-[(6-хлор-3- пиридил)метил]имидазолидин-2-иленамин, ТУ 2387-087-42315284-04.

В качестве пластификатора для улучшения технологических и эксплуатационных свойств был выбран диоктилфталат (ДОФ) C6H4(CO-OC8H17)2 (ТУ 6-09-08-1504, ГОСТ 8728), обладающий слабым инсектицидным действием.

В композициях использовали УФ-абсорбент – стабилизатор из класса 2-гидроксибензофенонов – 2-гидрокси-4-октилоксибензофенон (Chimassorb 81) – светло-желтый, кристаллический порошок с коэффициентом пропускания: при $\boldsymbol{\lambda}$ = 440 $\boldsymbol{нм}$ – не менее 79 %, при $\boldsymbol{\lambda}$ = 460 $\boldsymbol{нм}$ – не менее 89 %. Chimassorb 81 термодинамически совместим с ПЭВД (интервал температур плавления 47–49 $\boldsymbol{{}^\circ C}$), что обуславливает технологичность процесса получения пленки методом рукавно-пленочной экструзии.

Композиции готовили следующим образом: в порошок $\boldsymbol{CaCO_3}$ (до 5 мас. %) последовательно путем смешивания вводили инсектицид (1–2 мас. %), затем стабилизатор (Chimassorb 81) – 0,5–1 мас. %; смесь пластифицировали жидким ДОФ (2–3 мас. %), интенсифицирующим процесс выделения инсектицида и выполняющим функцию диспергатора в процессе компаундирования минерального наполнителя. Полученную массу смешивали с ПЭВД (рисунок 1).

Пленки формовали из смесевых композиций методом рукавной экструзии [14].

Технологичность процесса переработки композиций в пленку оценивали с помощью экструзионного агрегата HAAKE RHEOCORD 90 по

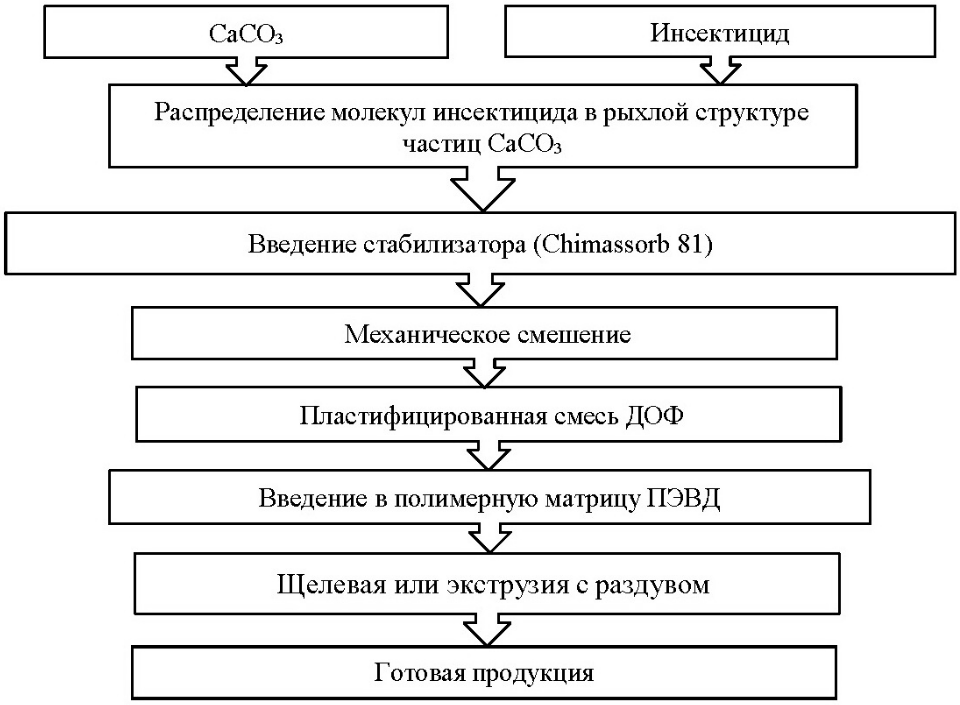


Рисунок 1 – Технологическая схема изготовления пленочных инсектицидных полимерных материалов на основе композиций ПЭВД/инсектицид/$CaCO_3$/Chimassorb 81/ДОФ

критерию min крутящего момента в шнеке. По соответствию этому критерию определен диапазон оптимальной дисперсности частиц $CaCO_3$ – менее 500 $нм$ (ГОСТ Р 56549-2015).

Деформационно-прочностные показатели исследуемых образцов (разрушающее напряжение σ и относительное удлинение ε при разрыве) определяли по ГОСТ 14236-81 с помощью разрывной машины Instron 5567 (США).

Испытания на воздействие солнечной радиации инсектицидных пленок проводили по методу, изложенному в ENISO 4892-2:2011 (Пластмасса. Методы испытаний на воздействие лабораторных источников света. Часть 2. Ксеноновые дуговые лампы). Перед определением деформационно-прочностных характеристик проводили кондиционирование образцов по ГОСТ 12423-66 в течение 6 $ч$ при температуре (23±1 $^\circ C$). Количество образцов в каждой выборке составило 10 $шт$.

Для определения термической стабильности полученных инсектицидных композиций был проведен дифференциально-термический анализ (ДТА). ДТА проводили на дериватографе Q-1500 (Венгрия) в среде воздуха при скорости нагрева 5 $^\circ C/мин$. Эталоном служил прокаленный дисперсный оксид алюминия квалификации «ч» (ТУ 6-09-426-75).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены показатели разрушающего напряжения при растяжении (σ) и относительного удлинения при разрыве (ε) инсектицидных пленок, полученных при формовании из смесевых композиций ПЭВД (92)/Перметрин (1)/Chimassorb 81 (0,5 – 1)/ДОФ (2)/$CaCO_3$ (1–7).

Значение оптимальных концентраций $CaCO_3$ в составе полимерной композиции составило 4–5 мас. %.

По данным деформационно-прочностных показателей диапазон оптимальных концентраций стабилизатора Chimassorb 81 равен 0,5–1 мас. %. При содержании Chimassorb 81 = 0,2 мас. % приводит к снижению деформационно-прочностных показателей пленок в процессе старения (таблица 2). А увеличение содержания в пленке до 1,2 мас. % не дает преимуществ по

Таблица 1 – Деформационно-прочностные характеристики (разрушающего напряжения при растяжении (σ) и относительного удлинения при разрыве (ε)) инсектицидных пленок, состава, мас. %: ПЭВД (92)/ Перметрин (1)/Chimassorb 81 (0,5 – 1)/ДОФ (2) от концентрации $CaCO_3$

$C(CaCO_3)$, мас. %	$\sigma, МПа$	$\varepsilon, \%$
1	8,9	160
2	9,4	165
3	9,7	170
4	10,9	180
5	10,6	170
6	9,5	155
7	9,3	145

Таблица 2 – Изменение величины деформационно-прочностных характеристик модифицированных пленок в процессе светового старения (разрушающее напряжение при растяжении (σ), $МПа$ и относительное удлинение при разрыве (ε), %)

Исследуемые инсектицидные пленки, состава (мас. %)	УФ облучение образцов пленок в течение ($мес.$)							
	0		3		6		9	
	σ	ε	σ	ε	σ	ε	σ	ε
ПЭВД/инсектицид (1)/$CaCO_3$ (4)/ Chimassorb 81 (1)/ДОФ (2)	8,6	390	8,1	390	8,0	390	7,8	380
ПЭВД/инсектицид (1)/$CaCO_3$ (4)/ ДОФ (2)/Chimassorb 81 (X) X = 0,2	9,8	170	8,04	130	7,68	110	7,31	100
0,5	9,6	170	8,47	140	8,29	130	7,54	110
1 (Перметрин)	10,9	170	10,18	160	10,02	145	9,87	135
1 (Циперметрин)	10,3	170	9,83	160	9,72	150	9,63	140
1 (β-Циперметрин)	11,5	160	10,91	150	10,72	140	10,52	130
1 (Актеллик)	9,22	190	8,80	180	8,65	160	8,39	145
1 (Искра Золотая)	10,8	180	10,21	165	10,03	150	9,86	135
1,2	9,82	170	9,35	165	9,13	150	8,90	140

сравнению с пленками оптимальных составов.

Равномерное распределение дисперсных частиц карбоната кальция в смеси с гранулами ПЭВД позволяет равномерно распределить малое количество добавок в связующем. Молекулы инсектицида, находящиеся в рыхлой структуре частиц $CaCO_3$, сохраняют свою подвижность и способность к испарению.

Пленки оптимального состава мас. %: ПЭВД (92)/инсектицид (1)/стабилизатор (1)/$CaCO_3$ (4)/ДОФ (2) отличаются повышенной технологичностью и отсутствием липкости, что упрощает их эксплуатацию.

Результаты ДТА показали, что при введении в инсектицидную полимерную пленку частиц $CaCO_3$ снижается интенсивность пиков деструкции и смещение их в сторону более высоких температур на 10–15 $^{\circ}C$, что обусловлено улучшением структуры материала вследствие равномерного распределения дисперсного наполнителя в полимерной матрице.

Целью одометрических исследований явилось определение наличия, интенсивности и характера запаха воздуха, создаваемого химическими веществами, выделяющимися из изучаемых полимерных образцов пленок в воздушную среду.

Оценка интенсивности запаха, индуцированного изучаемыми многофункциональными инсектицидными полиэтиленовыми пленками, проводилась по пятибалльной шкале Р. Х. Райта (таблица 3) по среднему баллу, полученному для всей группы испытуемых. Испытания проводили в ИММС НАН Беларуси (г. Гомель).

Каждому испытуемому предлагалось выдыхать через нос воздух последовательно из двух дыхательных колпаков, в один из которых «опытный» по соединительной трубке подается воздух из климатической камеры, содержащей изучаемый образец, а в другой «контрольный» – из климатической камеры без материала.

Одометрические исследования образцов проводились с каждым наблюдаемым не менее трех раз; исследования повторялись в пределах одного дня, но с обеспечением перерыва между двумя наблюдениями продолжительностью не менее 1–1,5 $ч$.

Интенсивность запаха полимерного композиционного материала, предназначенного для применения, хранения и продажи, согласно гигиеническому нормативу здравоохранения РБ, не должна превышать 2 баллов.

По результатам проведенных исследований установлено, что изучаемые образцы пленок не имеют постороннего запаха (0 баллов) и согласно гигиеническому нормативу здравоохранения № 0115/5724 ГУ Республиканского научно-практического центра гигиены и эпидемиологии могут быть применены в качестве упаковочных материалов.

Токсикологические аппликации водных вытяжек из инсектицидных пленок проводили в Республиканском научно-практическом центре гигиены и эпидемиологии. Соотношение площади образцов к объему модельной среды – 1 $см^2$/2 $см^3$, температурный режим – 40 $°C$, экспозиция – 3 часа. При действии водных вытяжек на выстриженные участки кожи спины белых крыс (S – 16 $см^2$) не вызывали у животных внешних признаков интоксикации и раздражения кожных покровов. Весь период наблюдений поведение подопытных животных не отличалось от контрольных.

ВЫВОДЫ

Введение дисперсных частиц $CaCO_3$ и стабилизатора из класса гидроксибензофеноны – Chimassorb 81 в полимерную пленку на основе ПЭВД, модифицированную инсектицидами классов: синтетические пиретроиды, фосфорорганические соединения, неоникотиноиды, позволяет получить новый многофункциональный инсектицидный полимерный материал, с потенциальной инсектицидной активностью, стойкость к воздействию УФ-лучей, длительным сроком эксплуатации.

Разработанные многофункциональные инсектицидные полимерные материалы соответствуют органолептическим показателям и могут быть рекомендованы после испытаний инсектицидной активности в качестве защит-

Таблица 3 – Оценка силы запаха по шкале Р.Х. Райта

Количественная оценка в баллах	Описание запаха
0	Отсутствует; не имеется ни одним из наблюдаемых
1	Едва заметный; обнаруживается наиболее чувствительными лицами
2	Слабый; не привлекает внимания, но отмечается, если наблюдаемые нацелены на его обнаружение
3	Отчетливый; легко ощутимый, если даже внимание наблюдаемых не обращено на него
4	Сильный; обращает на себя внимание
5	Невыносимый; исключающий возможность длительного пребывания в помещении

ной упаковочной пленки для изделий из кератинсодержащих материалов, предотвращающей их повреждение биоагентами при хранении и транспортировке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Легин, Г. Я., Иванова, Е. Б., Иванов, А. М., Иванов, М. А. (2005), *Инсектицидное средство для защиты тканей, меха и изделий из них от моли и кожееда: патент RU 2251844*, МПК A01N33/12, D06M13/46. – Опубл. 20.05.2005, Федеральный институт промышленной собственности, отделение ВПТБ, 2005, 6 с.

2. Штефан Шюле, Бернхард Летцнер, Жоффре Аллс, Франсуа Акль (2012), *Бумага, пропитанная инсектицидными действующими веществами: патент RU 2450517*; заявитель Байер Кроп Сайенс АГ. – № 2008149431/13, МПК A01N53/00, A01N25/20, A01P7/04. – Опубл. 20.05.12, Официальный патентный бюллетень РФ «Изобретения. Полезные модели», Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 2012, № 14, 4 с.

3. Эрбен Пьер, Сарторн Габриелла, Ди Пьетро Фабио (2012), *Инсектицидная композиция и изделия, полученные из нее: патент RU 2463788*; патентообладатель Базелль полиолефине ГМБХ (DE), МПК A01N53/00, A01N25/10, A01P7/02, A01P7/04. – Опубл. 20.10.2012, Федеральный институт промышленной собственности, отделение ВПТБ, 2012, № 29.

4. Лека, Н. А., Бендрышева, С. Н. (2012), Сравнительное контактное и фумигационное действие летучих пиретроидов на насекомых, *Материалы Всероссийской научно- практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора «Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения»*, 16–18 мая 2012 г., Том 1, Пермь, 2012, С. 365–367.

REFERENCES

1. Legin, G. Ya., Ivanova, E. B., Ivanov, A. M., Ivanov, M. A. (2005), *Insekticidnoe sredstvo dlja zashhity tkanej, meha I izdelij iz nihotmoli I kozheeda: patent RU 2251844* [Insecticidal agent for the protection of fabrics, fur and products from them from moths and skin: patent RU 2251844], MPK A01N33/12, D06M13/46. – Publ. 20.05.2005, Federal Institute of Industrial Property, branch of VPTB, 2005, 6 p.

2. Stefan Schuele, Bernhard Letzner, Joffre Alls, Francois Akl (2012), *Bumaga, propitannaja insekticidnymi dejstvujushhimi veshhestvami: patent RU 2450517* [Paper impregnated with insecticidal active substances: patent RU 2450517]; applicant Bayer Crop Science AG. – vol. 2008149431/13, IPC A01N53/00, A01N25/20, A01P7/04. – Publ. 20.05.12, Official Patent Bulletin of the Russian Federation "Inventions. Utility Models", Federal Intellectual Property Service, 2012, № 14, 4 p.

3. Erben Pierre, Sartorn Gabriella, Di Pietro Fabio (2012), *Insekticidnaja kompozicija I izdelija, poluchennye iz nee: patent RU 2463788* [Insecticidal composition and articles obtained there from: patent RU 2463788]; patentee Basel polyolefine GMBH (DE), IPC A01N53/00, A01N25/10, A01P7/02, A01P7/04. – Publ. 20.10.2012, Federal Institute of Industrial Property, branch of VPTB, 2012, № 29.

4. Leka, N. A., Bendrysheva, S. N., (2012), Comparative contact and fumigation effects of volatile pyrethroids on insects [Sravnitel'noe kontaktnoe i fumigacionnoe dejstvie letuchih piretroidov na nasekomyh], *Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and*

5. Колосова, А. С., Сокольская, М. К., Виткалова, И. А., Торлова, А. С., Пикалов, Е. С. (2017), Наполнители для модификации современных полимерных композиционных материалов, *Фундаментальные исследования,* 2017, № 10 (3), С. 459–465.

6. Gugumus Francois (Allschwil, CH) (2002), *Стабилизатор для полиолефинов: патент. US 6869992*; заявитель Ciba Specialty Chemicals Corporation (Tarrytown, NY), МПК C08K5/34 – Appl. No. 10/182,073; заявл. 23.07.02; опубл. 22.03.05.

7. Цвайфель, Х., Цвайфель, Х., Маер, Р. Д., Шиллер, М. (2016), *Добавки к полимерам. Справочник.* Перевод с англ. под. ред. Узденского, В. Б., Григорова, А. О., Санкт-Петербург, Профессия, 2016, 1088 с.

8. Кулезнев, В. Н. (2010), Функциональные наполнители для пластмасс, Санкт- Петербург, *Научные основы и технологии*, 2010, 462 с.

9. Ершова, О. В., Муллина, Э. Р., Чупрова, Л. В., Мишурина, О. А., Бодьян, Л. А. (2014), Изучение влияния состава неорганического наполнителя на физико-химические свойства полимерного композиционного материала, *Фундаментальные исследования*, 2014, № 12-3, С. 487–491.

10. Мельниченко, М. А., Ершова, О. В., Чупрова, Л. В. (2015), Влияние состава наполнителей на свойства полимерных композиционных материалов, *Молодой ученый*, 2015, № 16 (96), С. 199–202.

11. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь 2020 год, *Каталог пестицидов и удобрений, разрешенных для применения в Республике Беларусь.*

12. Лашкина, Е. В. (2018), Влияние функциональных наполнителей на физико-химические

Specialists of Rospotrebnadzor "Fundamental and Applied Aspects of Public Health risk Analysis", May 16–18, 2012, Volume 1, Perm, 2012, pp. 365–367.

5. Kolosova, A. S., Sokolskaya, M. K., Vitkalova, I. A., Torlova, A. S., Pikalov, E. S. (2017), Fillers for modification of modern polymer composite materials [Napolniteli dlja modifikacii sovremennyh polimernyh kompozicionnyh materialov], *Fundamental'nye issledovanija – Basic research*, 2017, № 10 (3), pp. 459–465.

6. Gugumus Fran. cedilla. ois. (Allschwil, CH) (2002), *Stabilizator dlja poliolefinov: pat. US 6869992* [Stabilizer for polyolefins: patent. US 6869992]; applicant Ciba Specialty Chemicals Corporation (Tarrytown, NY), IPC S08K5/34 – Appl. No. 10/182.073; filed.07.23.02; publ. 03.22.05.

7. Zweifel, H., Zweifel, H., Maer, R. D., Schiller, M. (2016), *Dobavki k polimeram. Spravochnik* [Additives to polymers. Directory], St. Petersburg, Profession, 2016, 1088 p.

8. Functional fillers for plastics [Funkcional'nye napolniteli dlja plastmass], (2010), ed. Kulezneva V. N., St. Petersburg, *Nauchnye osnovy i tehnologii – Scientific bases and technologies*, 2010, 462 p.

9. Yershova, O. V., Mullina, E. R., Chuprova, L. V., Mishurina, O. A., Bodyan, L. A. (2014), Study of the effect of the composition of an inorganic filler on the physical and chemical properties of a polymer composite material [Izuchenie vlijanija sostava neorganicheskogo napolnitelja na fiziko-himicheskie svojstva polimernogo kompozicionnogo materiala], *Fundamental'ny eissledovanija – Basic research*, 2014, № 12-3, pp. 487–491.

10. Melnichenko, M. A., Yershova, O. V., Chuprova, L. V. (2015), Influence of the composition of fillers on the properties of polymer composite materials [Vlijanie sostava napolnitelej na svojstva polimernyh kompozicionnyh mate-

свойства инсектицидных полимерных пленок, *Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника,* Гр. гос. ун-т им. Я. Купалы, Гродно, 2018, Том 8, № 2,С. 89–98.

13. Лашкина, Е. В. (2020), Исследование физико-химических и эксплуатационных свойств инсектицидных полимерных пленок, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, УО «ВГТУ»: Витебск, № 2 (39), 2020, С 108–117.

14. Колосова, А. С., Сокольская, М. К., Виткалова, И. А., Торлова, А. С., Пикалов, Е. С. (2018), Современные методы получения полимерных композиционных материалов из изделий из них, *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований,* 2018, № 8, С. 123–129.

rialov], *Molodoj uchenyj – Young scientist*, 2015, № 16 (96), pp. 199–202.

11. The state register of means of protection of plants (pesticides) and fertilizers allowed for use in the territory of Republic of Belarus 2020, *Katalog pesticidov I udobrenij, razreshennyh dlja primenenija v Respublike Belarus'*.

12. Lashkina, E. V. (2018), Influence of functional fillers on the physicochemical properties of insecticidal polymer films [Vlijanie funkcional'nyh napolnitelej na fiziko-himicheskie svojstva insekticidnyh polimernyh plenok], *Vestnik Grodnenskogo gosudarstvennogo universiteta imeni YAnki Kupaly. Seriya 6. Tekhnika – Vestnik of Grodno State University named after YankaKupala. Series 6. Technology. Scientific*, Gr. state un-t them. Ya. Kupala, Grodno, 2018, vol. 8, № 2, pp. 89–98.

13. Lashkina, E. V. (2020), Study of physicochemical and operational properties of insecticidal polymer films [Issledovanie fiziko-himicheskih i jekspluatacionnyh svojstv insekticidnyh polimernyh plenok], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University,* Educational institution "VSTU": Vitebsk, № 2 (39), 2020, pp. 108–117.

14. Kolosova, A. S., Sokolskaya, M. K., Vitkalova, I. A., Torlova, A. S., Pikalov, E. S. (2018), Modern methods of obtaining polymer composite materials from products made from them [Sovremennye metody poluchenija polimernyh kompozicionnyh materialov i izizdelij iz nih], *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij – International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2018, № 8, pp. 123–129.

Статья поступила в редакцию 08. 07. 2021 г.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТРЕПАНОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА, ВЫРАЩЕННОГО В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ БЕЛАРУСИ

FEATURES OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF SCUTCHED FLAX FIBER GROWN IN VARIOUS REGIONS OF BELARUS

УДК 677.112

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-124-131

Д.Л. Лисовский*, Н.Н. Ясинская
Витебский государственный технологический университет

D. Lisouski*, N. Yasinskaya
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ЛЕН-ДОЛГУНЕЦ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ТРЕПАНОЕ ВОЛОКНО, НОМЕР ВОЛОКНА, РЕГИОН ВЫРАЩИВАНИЯ, УДЕЛЬНАЯ РАЗРЫВНАЯ НАГРУЗКА

Проведены экспериментальные исследования химического состава трепаного льняного волокна сортов «Василек» и «Грант», выращенного и прошедшего первичную обработку в различных областях Республики Беларусь, с целью установить различия химического состава в зависимости от сорта и региона выращивания. Изучена связь химического состава волокна с его номером. Установлено, что содержание лигнина уменьшается, а целлюлозы – увеличивается с увеличением номера волокна. Показано, что содержание основных биополимеров волокна одного сорта отличается в широком диапазоне в зависимости от региона выращивания. Установлено, что удельная разрывная нагрузка льняных комплексов коррелирует с содержанием целлюлозы и лигнина.

ABSTRACT

FLAX, CHEMICAL COMPOSITION, SCUTCHED FLAX FIBER, NUMBER OF FIBER, GROWING REGION, SPECIFIC BREAKING LOAD

Experimental investigations of the chemical composition of scutched flax fiber varieties "Vasilek" and "Grant", grown in various regions of the Republic of Belarus, were carried out in order to establish the differences in chemical composition depending on the variety and growing region. The relationship between the chemical composition of the fiber and its number has been studied. It was found that the content of lignin decreases and content of cellulose increases when the fiber number increase. It was shown that the content of the main biopolymers of fiber of one variety differs in a wide range depending on the growing region. It was found that the specific breaking load of flax complexes correlates with the content of cellulose and lignin.

ВВЕДЕНИЕ

Республика Беларусь занимает третье место в мире по производству льняного волокна для текстильной промышленности [1, 2]. При этом анализ состояния дел, в котором находится льноводство, показывает, что главной причиной малоэффективной работы льняной отрасли является низкое качество производимого сырья и получаемой из него продукции. Эта проблема многогранна, однако центральное место в ее реализации принадлежит, безусловно, технологиям и реализующим их техническим средствам [3].

В настоящее время льняное волокно при сортировке на льнозаготовительных заводах классифицируют по горстевой длине волокна (длинное и короткое) и номеру, который регламентируется его засоренностью [4, 5]. Таким образом, выбор технологических режимов подготовки льняной ровницы основывается не на количественных характеристиках полимерного

* E-mail: *lisouskid@gmail.com* (D. Lisouski)

состава волокна, а на качественных критериях степени его огрубления. При этом известно, что физико-механические свойства льняной ровницы, а в итоге, следуя по цепочке производственного цикла, – свойства пряжи, ткани и готового изделия, непосредственно зависят от химического состава и степени извлечения полимерных примесей (лигнина, гемицеллюлоз, пектиновых веществ) из волокна [6], содержание которых в свою очередь зависит от климатических факторов, сорта и технологии возделывания прядильной культуры, а также от технологии химической отделки текстильного материала [7].

Цель настоящей работы заключалась в установлении особенностей полимерного строения трепаного льняного волокна, выращенного в различных географических регионах Республики Беларусь, и взаимосвязи физико-механических свойств и биохимического состава волокна.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были образцы длинного трепаного льняного волокна различных номеров, выращенного и прошедшего первичную обработку в различных областях Беларуси – Гомельская (КУП «Кормален»), Брестская (ОАО «Ляховичский льнозавод») и Витебская (ОАО «Дубровенский льнозавод»).

Определение влажности проводили методом высушивания до постоянной массы при температуре 105 $^{\circ}C$, зольные вещества определяли путем озоления навески волокна при температуре 200 $^{\circ}C$, с дальнейшим прокаливанием остатка при температуре 550 $^{\circ}C$ до постоянной массы [8].

Вещества, экстрагируемые спиртобензольной смесью и водой, определяли по методике, представленной в работе [8]. Содержание лигнина определяли сернокислым методом [8] с предварительным извлечением растворимого лигнина обработкой раствором карбоната натрия.

Содержание полисахаридов льна определяли путем их последовательной экстракции [9] с последующим спектрофотометрическим анализом экстрактов по окрашенному комплексу полимеров с о-толуидиновым реагентом при длинах волн 365, 385 и 630 $нм$ [10].

Разрывную нагрузку льняных комплексов определяли на разрывной машине РМ-3-1 как среднее арифметическое результатов испытаний 15 проб. Для этого приготавливали 15 отрезков длиной 20 $см$, каждый закрепляли между зажимами и подвергали деформированию. Рассчитывали удельную разрывную нагрузку ($P_{уд}$, $сН/текс$) как частное разрывной нагрузки и отношения массы пучка волокна к его длине.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Техническое льняное волокно, получаемое в процессе трепания, состоит из элементарных веретенообразных волоконец, соединенных между собой посредством срединных пластинок. Элементарные волокна образованы фибриллами целлюлозы, содержание которой в трепаном стланцевом волокне составляет 65,2–69,1 % [6]. Срединные пластинки состоят преимущественно из пектиновых соединений, которые наряду с β-глюканами содержатся также и в инкрустах – поверхностных отложениях на волокне остатков камбия и паренхимных тканей. Содержание пектиновых соединений в трепаном стланцевом волокне составляет 1,88–5,0 %. Основной компонент межклеточных образований – гемицеллюлазы, содержание которых в техническом волокне варьируется в диапазоне 11,79–20,0 %. Наряду с углеводными соединениями льняное волокно содержит примеси лигнина (2,14–8,1 %), основное месторасположение которого – стыковые спайки элементарных волокон и одревесневшие участки, дислоцированные в межклетных образованиях [11].

Результаты анализа химического состава образцов льняного волокна приведены в таблице 1. Влажность всех образцов варьируется в пределах 7,1–8,3 %, что ниже нормированной влажности для льняного волокна в 12 %. Стандартное отклонение массовой доли зольных веществ в рамках одной зоны сбора и первичной обработки волокна для образцов 1–3 составляет 15 %, для образцов 4–6 – 14 %, для образцов 7–10 – 24 %, экстрагируемых спиртобензолом веществ – для образцов 1–3 составляет 17 %, для образцов 4–6 – 34 %, для образцов 7–10 – 24 %, а экстрагируемых водой веществ – для образцов 1–3 составляет 4 %, для образцов 4–6 – 22 %, для образцов 7–10 – 27 %.

При этом не прослеживается определенной взаимосвязи содержания обозначенных компонентов с номером волокна. Несмотря на то, что содержание золы и экстрагируемых веществ

Таблица 1 – Химический состав трепаного льняного волокна

№ образца	Номер волокна	Сорт	Область выращивания	Влажность, %	Содержание на асв, %						
					зола	вещества, экстрагируемые		лигнин Класона	гемицеллюлоза	пектиновые вещества	целлюлоза
						спирто-бензолом	водой				
1	9	Василек	Гомельская область	7,7	1,7	0,6	4,0	4,7	20,2	2,3	62,6
2	10	Василек	Гомельская область	8,0	1,5	0,4	4,3	4,5	18,0	2,5	66,1
3	11	Василек	Гомельская область	7,6	1,2	0,5	4,3	4,4	17,6	2,1	66,6
СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ				**7,7**	**1,5**	**0,5**	**4,2**	**4,5**	**18,8**	**2,3**	**65,1**
4	9	Грант	Витебская область	8,3	1,5	0,5	3,3	5,0	19,3	1,9	64,0
5	10	Грант	Витебская область	7,3	1,1	0,5	3,4	4,8	19,0	2,0	66,3
6	11	Грант	Витебская область	7,8	1,4	0,8	4,8	4,2	17,0	1,6	68,2
СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ				**7,8**	**1,4**	**0,6**	**3,8**	**4,7**	**18,4**	**1,9**	**66,1**
7	9	Грант	Брестская область	7,6	2,1	0,6	6,1	4,3	18,9	1,5	62,4
8	10	Грант	Брестская область	7,8	1,5	0,8	4,0	4,1	19,0	1,3	64,7
9	11	Грант	Брестская область	8,3	1,9	1,0	3,3	3,9	18,4	2,0	66,8
10	12	Грант	Брестская область	7,1	1,2	1,0	4,1	3,8	17,5	1,6	68,5
СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ				**7,7**	**1,7**	**0,8**	**4,4**	**4,0**	**18,5**	**1,6**	**65,6**

варьируется в широких пределах, основное влияние на физико-механические показатели волокна оказывает содержание биополимеров [12]. Структурная организация технического льняного волокна предполагает, что в процессах дальнейшей переработки в первую очередь максимальному удалению должны подвергаться инкрусты и одревеснения, неполному расщеплению – биополимеры срединных пластинок и межклетных образований, а стыковые спайки должны быть сохранены, чтобы предотвратить разделение технического волокна на элементарные волокна [13].

При анализе результатов определения полимерного состава волокна было установлено, что для каждой из групп образцов массовая доля кислотонерастворимого лигнина уменьшается с увеличением номера волокна. Это можно объяснить уменьшением содержания костры и сорных примесей при переходе к волокну с более высоким номером, ведь несмотря на то, что перед исследованием образцы льняного волокна вручную очищались от остатков костры, достигнуть полного ее удаления невозможно, к тому же в низких номерах большее содержание одеревеневшей части и склеенных волокон. Содержание гемицеллюлозы также уменьшается с увеличением номера волокна, причем эта закономерность прослеживается во всех трех группах образцов.

Содержание лигнина в льняном волокне сорта «Грант» Витебской области выше на 17,5 отн. %, чем в волокне Брестской области, а содержание лигнина в волокне сорта «Василек» Гомельской области находится на уровне его содержания в волокне сорта «Грант» Витебской области. Различие в содержании гемицеллюлозы льноволокна сорта «Грант» обеих областей составило меньше 0,5 отн. %, что в условиях эксперимента ниже стандартного отклонения параллельного определения содержания биополимеров (в среднем не более 5 %). Аналогично для льноволокна сорта «Василек» разница в содержании гемицеллюлозы составляет не более 1,5 отн. % в сравнении с сортом «Грант», что ниже относительной погрешности эксперимента.

Анализируя содержание пектиновых веществ, следует обратить внимание, что льноволокно сорта «Василек» содержит существенно большее их количество по сравнению с сортом «Грант». Различие в содержании пектиновых веществ в льноволокне сорта «Грант» обеих областей также наблюдается – так, волокно Витебской области содержит в среднем на 15 отн. % больше пектиновых веществ, чем волокно Брестской области. При этом взаимосвязи между номером волокна и содержанием в нем пектиновых веществ установлено не было.

Все исследованные образцы обладают содержанием целлюлозы в диапазоне 62,4–68,5 %, что хорошо согласуется с известными представлениями по содержанию целлюлозы в стланцевом трепаном волокне [6]. Для обоих сортов прослеживается взаимосвязь номера волокна и содержания целлюлозы – с увеличением номера увеличивается массовая доля данного полимера, причины этого аналогичны причинам взаимосвязи номера волокна и содержания лигнина.

Для выявления роли полимерных компонентов на технологические параметры трепаного льняного волокна был проведен анализ зависимости одного из важнейших физико-механических показателей, разрывной нагрузки, от химического состава волокна (рисунок 1).

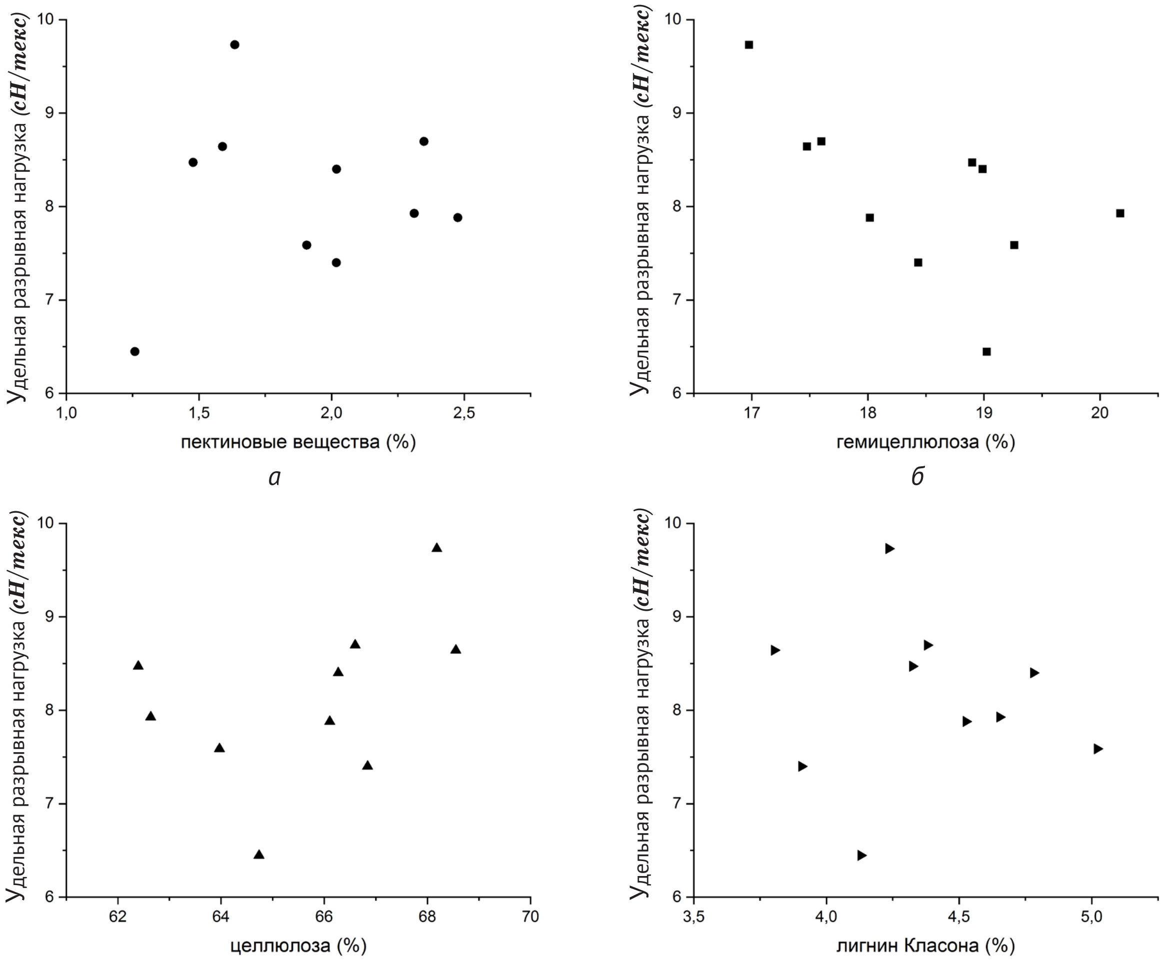


Рисунок 1 – Отображение совокупности данных удельной разрывной нагрузки льняного трепаного волокна при соответствующих значениях массовой доли пектиновых веществ (а), гемицеллюлозы (б), целлюлозы (в) и лигнина (г)

Из приведенных на рисунке 1 данных для испытанных образцов различных номеров обоих сортов льняного волокна следует, что описать прочностные свойства льняных комплексов в трепаном волокне по взаимосвязи с содержанием индивидуальных полимерных компонентов не представляется возможным – характер корреляционных зависимостей в исследованном диапазоне значений трудно поддается установлению. В связи с этим были проанализированы многофакторные нелинейные регрессионные модели зависимости удельной разрывной нагрузки от массовой доли биополимеров в волокне. Высокую степень корреляции этого показателя от содержания биополимеров в исследованном диапазоне значений дает уравнение следующего вида:

$$P_{уд.} = \mathbf{733{,}420 - 24{,}2871}Ц + \mathbf{0{,}188516}Ц^2 + \mathbf{23{,}9734}Л - \mathbf{2{,}54212}Л^2; \; R^2 = 0{,}8917\;, \quad (1)$$

где ***Ц*** – содержание целлюлозы, %; ***Л*** – содержание лигнина, %.

Из установленной зависимости (1) можно сделать вывод, что снижение удельной разрывной нагрузки льняных комплексов, показывающее способность к дроблению пучков в прядении, достигается с повышением массовой доли целлюлозы, что в свою очередь определяется деструкцией лигнина.

ВЫВОДЫ

В ходе проведенных исследований льноволокна сортов «Василек» и «Грант» было уста-

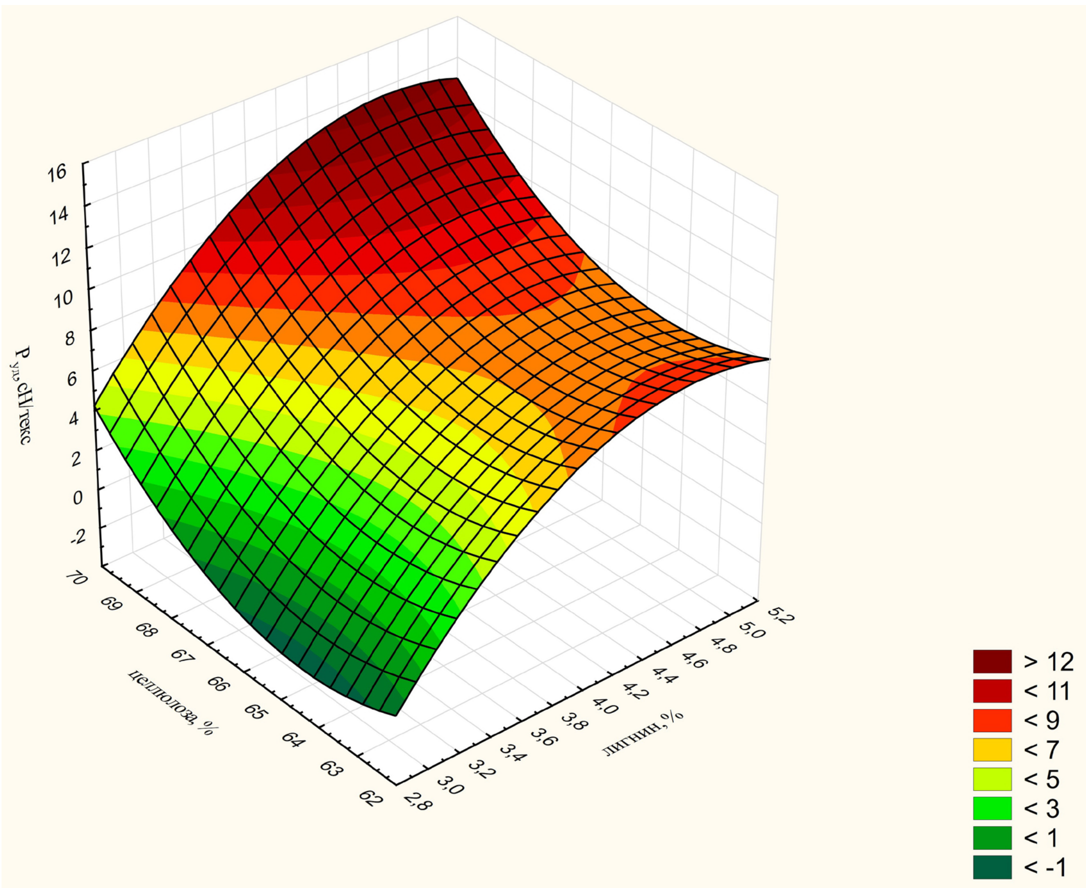


Рисунок 2 – Поверхность отклика удельной разрывной нагрузки в зависимости от содержания целлюлозы и лигнина в льняном волокне новлено, что волокно сорта «Василек» содержит большее количество пектиновых веществ, чем волокно сорта «Грант».

На примере волокна сорта «Грант» показано, что выращивание и первичная обработка одного сорта льна-долгунца в разных областях Республики Беларусь оказывает влияние на синтез биополимеров волокна и на разрушение растительных тканей стебля в условиях лугового расстила.

Установлено, что удельная разрывная нагрузка коррелирует с содержанием целлюлозы и лигнина, а способность к дроблению пучков в прядении определяется деструкцией лигнина.

Результаты исследования химического состава трепаного льняного волокна, выращенного в различных регионах Беларуси, позволят обоснованно выбирать методы и технологические режимы модификации структуры и свойств льняных текстильных материалов при их подготовке в отделочном производстве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Opperskalski, S., Siew, S. Y., Tan, E., Trusco, E. (2019),Preferred Fiber & Materials Market Report 2019 [online] Textile Exchange, available at: https://store.textileexchange.org/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2019/11/Textile-Exchange_Preferred-Fiber-Material-Market-Report_2019.pdf (accessed 10.06.2021).

2. Production Quantity of flax fiber and tow (2018) [online] Food and agricultural organization of the United Nations, available at: http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC (accessed 10.06. 2021].

3. Пестис, М. В. (2011), *Состояние и перспективы производства и переработки льна в условиях Гродненской области: монография*, Гродно: ГГАУ, 168 с.

4. СТБ 1850-2009. *Волокно льняное короткое. Технические условия*, Введ. 30.04.2008, Минск,

REFERENCES

1. Opperskalski, S., Siew, S. Y., Tan, E., Trusco, E. (2019),Preferred Fiber & Materials Market Report 2019 [online] Textile Exchange, available at: https://store.textileexchange.org/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2019/11/Textile-Exchange_Preferred-Fiber-Material-Market-Report_2019.pdf (accessed 10.06.2021).

2. Production Quantity of flax fiber and tow (2018) [online] Food and agricultural organization of the United Nations, available at: http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC (accessed 10.06. 2021).

3. Pestis, M. V. (2011), *Sostojanie i perspektivy proizvodstva i pererabotki l'na v uslovijah Grodnenskoj oblasti: monografija* [State and prospects for the production and processing of flax in the conditions of the Grodno region: monography], Grodno: GSAU, 168 p.

Госстандарт, 31 с.

5. СТБ 1195-2008. *Волокно льняное трепаное длинное. Технические условия*, Введ. 29.12.2008, Минск, Госстандарт, 17 с.

6. Кокшаров, С. А., Алеева, С. В., Скобелева, О. А., Кудряшов, А. Ю. (2011), Полимерный состав трепаного льняного волокна селекционных сортов льна-долгунца "Зарянка" и "Могилевский-2", *Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология*, 2011, Т. 54, № 6, С. 93–96.

7. Кокшаров, С. А., Алеева, С. В., Кудряшова, Т. А., Кудряшов, А. Ю. (2008), Свойства льняного волокна селекционного сорта льна-долгунца "А-93" с опытных участков в тверской и костромской областях, *Химия растительного сырья*, 2008, № 3, С. 51–54.

8. Оболенская, А. В., Щеголев, В. П., Аким, Г. Л., Аким, Э. Л., Коссович, Н. Л., Емельянова, И. З. (1965), *Практические работы по химии древесины и целлюлозы*, М., 1965, 411 с.

9. Иванов, А. Н. (1989), *Физико-химические основы технологии приготовления льнотресты:* дисс. … докт. техн. наук, Кострома, 1989, 535 с.

10. Усов, А. И., Яроцкий, С. В. (1974), Раздельное определение гексоз и пентоз при помощи о-толуидинового реагента, *Известия АН СССР. Серия химическая*, 1974, № 4, С. 877–880.

11. Ramesh, M. (2019), Flax (Linum usitatissimum L.) fibre reinforced polymer composite materials: A review on preparation, properties and prospects, *Progress in Materials Science*, 2019, Vol. 102, pp. 109–166.

12. Алеева, С. В. (2013), Влияние содержания лигнина и гемицеллюлоз на жесткость льняных тканых полотен, *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности,* 2013, № 5 (347), С. 129–131.

4. STB 1850-2009. *Flax short fiber. Specifications*, Vved. 30.04.2008, Minsk, Gossrandart, 31 p.

5. STB 1195-2008. *Flax scutched long fiber. Specifications*, Vved. 29.12.2008, Minsk, Gossrandart, 17 p.

6. Koksharov, S. A., Aleeva, S. V., Skobeleva, O. A., Kudryashov, A. Yu. (2011), Polimernyj sostav trepanogo l'njanogo volokna selekcionnyh sortov l'na-dolgunca "Zarjanka" i "Mogilevskij-2" [Polymer composition of scutched flax fiber of varieties of long-fibred flax "Zaryanka" and "Mogilev-2"], *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija: himija i himicheskaja tehnologija*, 2011, Vol. 54, № 6, pp. 93–96.

7. Koksharov, S. A., Aleeva, S. V., Kudryashova, T. A., Kudryashov, A. Yu. (2008), Svojstva l'njanogo volokna selekcionnogo sorta l'na-dolgunca "A-93" s opytnyh uchastkov v tverskoj i kostromskoj oblastjah [The properties of linen fiber of the selection variety of fiber of the selection variety of long-fibred flax "A-93" from experienced sites in the Tver and Kostroma regions], *Himija rastitel'nogo syr'ja – Chemistry of plant raw materials*, 2008, № 3, pp. 51–54.

8. Obolenskaja, A. V., Shhegolev, V. P., Akim, G. L., Akim, Je. L., Kossovich, N. L., Emel'janova, I. Z. (1965), *Prakticheskie raboty po himii drevesiny i celljulozy* [Practical works on wood chemistry and cellulose], M., 1965, 411 p.

9. Ivanov, A. N. (1989), *Fiziko-himicheskie osnovy tehnologii prigotovlenija l'notresty* [Physical-chemical foundations of preparing rotted straw]: dissertation for doctor of technical science, Kostroma, 1989, 535 p.

10. Usov, A. I., Jarockij, S. V. (1974), Separate determinations of hexoses and pentoses with the help of an o-toluidine reagent [Razdel'noe opredelenie geksoz i pentoz pri pomoshhi o-toluidinovogo reagenta], *Izvestija AN SSSR. Serija himicheskaja – Izvestia of the Academy of Sciences of the USSR. Chemical series*, 1974, № 4, pp. 877–880.

13. Алеева, С.В. (2014), *Методологические основы совершенствования процессов биохимической модификации льняных текстильных материалов: дисс. ... докт. техн. наук*, Иваново, 2014, 396 с.

11. Ramesh, M. (2019), Flax (Linum usitatissimum L.) fibre reinforced polymer composite materials: A review on preparation, properties and prospects, *Progress in Materials Science*, 2019, Vol. 102, pp. 109–166.

12. Aleeva, S. V. (2013), The effect of lignin and hemicellulose content on the stiffness of linen woven fabric s [Vlijanie soderzhanija lignina i gemicelljuloz na zhestkost' l'njanyh tkanyh poloten], *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of higher educational institutions. Textile technology,* 2013, № 5 (347), pp. 129–131.

13. Aleeva, S. V. (2014), *Metodologicheskie osnovy sovershenstvovanija processov biohimicheskoj modifikacii l'njanyh tekstil'nyh materialov* [Methodological foundations of improving the processes of biochemical modification of linen textile materials]: dissertation for doctor of technical science, Ivanovo, 2014, 396 p.

Статья поступила в редакцию 01. 11. 2021 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО БРЫЗГОУНОСА В МАССООБМЕННОМ АППАРАТЕ С ЗИГЗАГООБРАЗНОЙ РЕГУЛЯРНО-СТРУКТУРИРОВАННОЙ НАСАДКОЙ

STUDY OF THE RELATIVE SPRAY LOSS IN A MASS TRANSFER APPARATUS WITH A ZIGZAG REGULAR-STRUCTURED PACKING

УДК 66.021.3

Д.Ю. Мытько, П.Е. Вайтехович

Белорусский государственный технологический университет

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-132-140

D. Mytsko*, P. Vaytsekhovich

Belarusian State Technological University

РЕФЕРАТ

ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ БРЫЗГОУНОС, РЕГУЛЯРНАЯ СТРУКТУРИРОВАННАЯ НАСАДКА, МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

В данной работе рассмотрена одна из важных проблем, связанная с загрязнением окружающей среды, вследствие уноса капель жидкости из массообменного аппарата вместе с химически опасными элементами. Проведены экспериментальные исследования и получены графические зависимости изменения величины относительного брызгоуноса от скорости газового потока и плотности орошения для трех видов зигзагообразной регулярно-структурированной насадки. Описано влияние размеров треугольной ячейки насадок и сепарационного пространства на величину брызгоуноса, а также определен наиболее эффективный вариант установки их в массообменный аппарат. Представлена методика для вычисления неизвестных коэффициентов эмпирического уравнения регрессии. Получены уравнения для определения относительного брызгоуноса. Расчитана относительная погрешность. Даны рекомендации по работе насадочных массообменных аппаратов при максимально-фиктивных скоростях.

ABSTRACT

RELATIVE SPRAY LOSS, REGULAR STRUCTURED PACKING, LEAST SQUARES METHOD

The paper, discusses one of the important problems associated with environmental pollution due to the entrainment of liquid droplets from the mass transfer apparatus together with chemically hazardous elements. Experimental studies have been carried out and graphical dependences of the change in the value of the relative spray loss on the gas flow rate and irrigation density for three types of zigzag regularly-structured packing have been obtained. The influence of the dimensions of the triangular cell of the packings and the separation space on the size of the spray loss is described, and the most effective variant of their installation in the mass transfer apparatus is determined. A technique for calculating unknown coefficients of the empirical regression equation is presented. Equations for determining the relative spray loss are obtained. The relative error has been calculated. Recommendations are given on the operation of packed mass transfer apparatus at maximum fictitious speeds.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальной задачей в условиях современного производства является снижение загрязнения окружающей среды. Одним из серьезных источников загрязнений можно считать выхлопные газы, выбрасываемые в атмосферу как на химических, так и на предприятиях других отраслей промышленности. В своем составе они могут содержать опасные химические вещества в виде пыли, паров, капельной влаги, газообразных

* E-mail: *mytko.dmitrij@mail.ru* (D. Mytsko)

компонентов. И даже в установках по очистке газов абсорбционным методом возможен капельный унос из массообменного аппарата жидкого абсорбента, который становится часто дополнительным источником загрязнения окружающей среды. Исследование относительного брызгоуноса в насадочном массообменном аппарате в зависимости от режимных параметров его работы позволит уменьшить величину брызгоуноса и снизить дополнительное загрязнение окружающей среды.

В последнее время основным направлением совершенствования насадочных массообменных аппаратов является переход к использованию регулярной структурированной насадки [1, 2], позволяющей повысить допустимую скорость газовой фазы, эффективность массопередачи, снизить гидравлическое сопротивление. Свой вклад в развитие этого направления внесли и авторы данной работы [3–5].

Нами проведены сравнительные исследования нескольких типов насадок, определены их гидродинамические и массообменные характеристики [3, 4]. На основе этих исследований выбран оптимальный тип насадки, выполненной в виде концентрических коаксиально-расположенных цилиндров, между которыми установлены зигзагообразные перегородки с образованием контактных каналов треугольного сечения. Такая насадка условно была названа зигзагообразной. Комплекс исследований, проведенных ранее, позволил определить рациональный размер этих каналов, характеризующийся стороной треугольника 15÷20 $\boldsymbol{мм}$ [6]. Единственным параметром, не вошедшим в сферу исследований, остался унос жидкой фазы из насадочного аппарата.

В этой связи в задачу данной работы входило установление закономерностей изменения уноса жидкой фазы из слоя регулярной структурированной насадки нового типа.

Основная часть. Как и все предыдущие исследования определение уноса проводилось на той же экспериментальной установке с диаметром массообменной колонны – 150 $\boldsymbol{мм}$. Для выполнения поставленной задачи было сконструировано и изготовлено на 3D-принтере по три вида зигзагообразной насадки с длиной стороны ячеечного канала 12 $\boldsymbol{мм}$, 17 $\boldsymbol{мм}$, 22 $\boldsymbol{мм}$. Далее будем использовать их следующие условные обозначения: З-12; З-17; З-22 [6]. Основные пакеты насадки высотой 300 $\boldsymbol{мм}$ были набраны из трех равных секций. Для определения количества унесенной жидкости на расстоянии 500 $\boldsymbol{мм}$ над насадкой устанавливался гравитационный сепаратор с отбойником. В дополнительной серии опытов в структуру насадки вносилось два изменения. Первое заключалось в том, что отдельные ее секции раздвигались с образованием между ними дополнительного сепарационного пространства высотой 40 $\boldsymbol{мм}$, а второе отличалось уменьшением общей зоны сепарации до 400 $\boldsymbol{мм}$.

Варьируемыми параметрами в процессе экспериментов являлись фиктивная скорость газа и плотность орошения, значения которой $\boldsymbol{q}$, $\boldsymbol{м^3/м^2 \cdot с}$, задавались: $3 \cdot 10^{-3}$; $3{,}6 \cdot 10^{-3}$ и $4{,}3 \cdot 10^{-3}$.

Относительная величина брызгоуноса $\boldsymbol{u}$, $\boldsymbol{г/м^3}$, определяется по формуле [7]:

$$u = \frac{m}{\tau \cdot V}, \tag{1}$$

где $\boldsymbol{m}$ – масса жидкости, уловленная сепаратором, $\boldsymbol{г}$; τ – время, $\boldsymbol{с}$; $\boldsymbol{V}$ – объемный расход газа, $\boldsymbol{м^3/с}$.

Часто при исследовании уноса вводится его максимально допустимая величина. Например, для тарельчатых массообменных аппаратов межтарельчатый унос допускается до 10 %. С учетом того, что в литературе по изучению регулярно-структурированных насадок не указан предел по допустимому уносу из насадочного аппарата, на наш взгляд, в указанных аппаратах можно ограничиться однопроцентным уносом, как граничным для верхнего предела устойчивой работы по скорости газа [8–12].

На рисунке 1 представлены графические зависимости изменения относительного брызгоуноса жидкости $\boldsymbol{u}$, $\boldsymbol{г/м^3}$, из массообменного аппарата с блоком зигзагообразной регулярно-структурированной насадки от фиктивной скорости газам в колонне $\boldsymbol{w}$, $\boldsymbol{м/с}$. Сплошной линией обозначена зависимость для цельного блока, штриховой – для пакета с дополнительным сепарационным пространством.

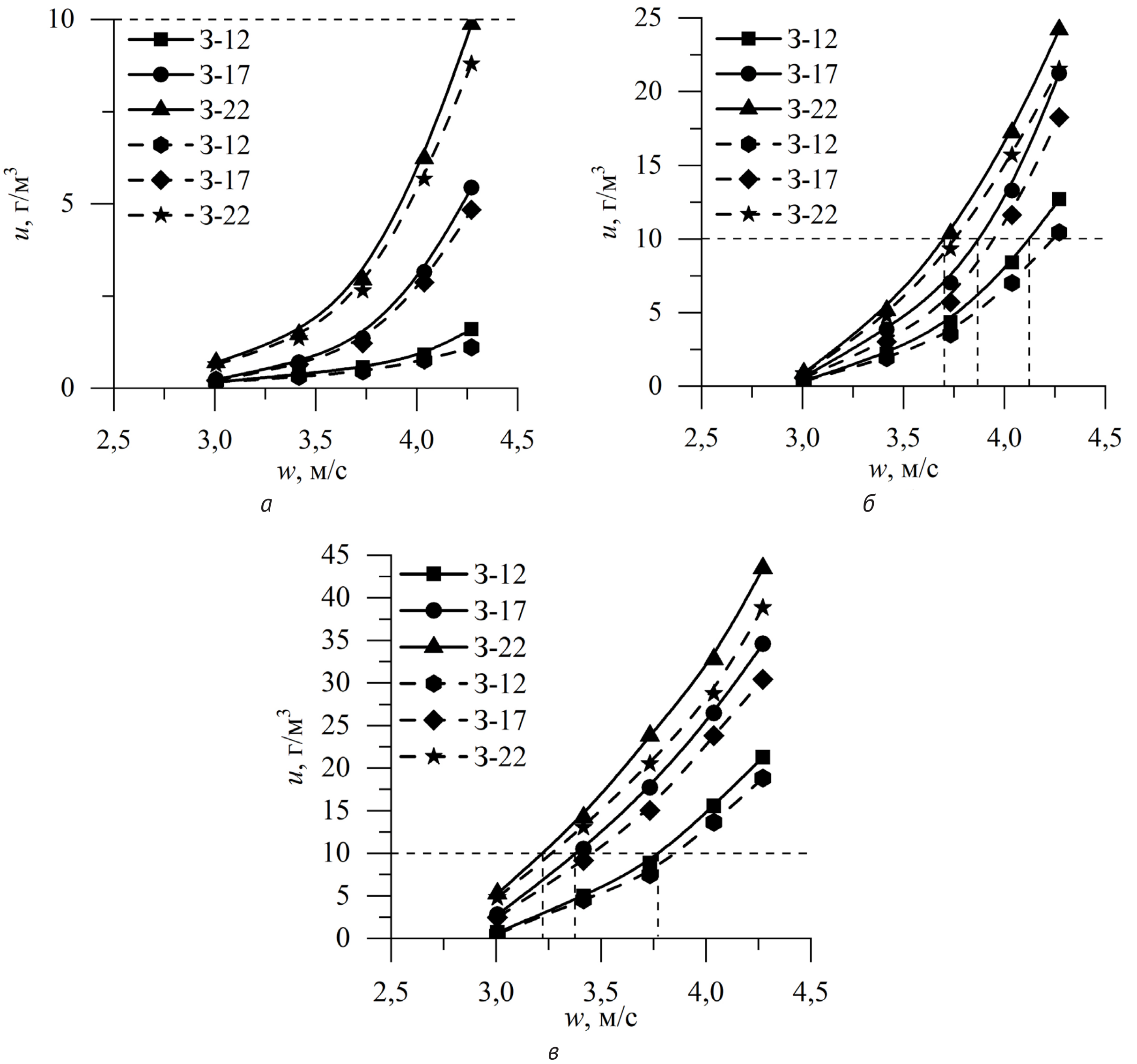


Рисунок 1 – Относительный брызгоунос жидкости при трех плотностях орошения (при $\boldsymbol{H}$ = 500 $\boldsymbol{мм}$): а – $3 \cdot 10^{-3}$ $\boldsymbol{м3/м^2 \cdot с}$; б – $3{,}6 \cdot 10^{-3}$ $\boldsymbol{м^3/м^2 \cdot с}$; в – $4{,}6 \cdot 10^{-3}$ $\boldsymbol{м^3/м^2 \cdot с}$

Из рисунка 1 (*а*, *б*, *в*) видно, что величина относительного брызгоуноса возрастает с увеличением фиктивной скорости газа в колонне. Причем для всех вариантов насадки его изменение описывается степенной функцией. При уменьшении размера ячейки унос снижается. Объяснение этому может быть дано только после детального изучения пленочного течения жидкости в каналах насадки, которое намечается провести в ближайшей перспективе. Установка насадки с дополнительным сепарационным пространством способствует уменьшению уноса, но не очень значительно.

Максимальная величина брызгоуноса 10 $\boldsymbol{г/м^3}$ или 1 % не была достигнута при $\boldsymbol{q}$ = $3 \cdot 10^{-3}$ $\boldsymbol{м^3/м^2 \cdot с}$ (рисунок 1 *а*) для всех вариантов насадок. Однако с увеличением плотности орошения (рисунок 1 *б*, *в*) она была значительно превышена. По зависимостям на рисунке 1 (*б*, *в*), можно определить максимально-фиктивные скорости газа. Для 3-12 (рисунок 1 *б*) она равна 4,2 $\boldsymbol{м/с}$, для 3-17 и 3-22 – 4,0 $\boldsymbol{м/с}$ и 3,7 $\boldsymbol{м/с}$ соответственно. При максимальной плотности орошения (рисунок 1 *в*) они будут равны 3,75 $м/с$ для 3-12, 3,4 $м/с$ для 3-17 и 3,2 $м/с$ для 3-22.

Для большей наглядности на рисунке 2 представлены графические зависимости изменения относительного уноса в массообменной колонне со сплошным блоком насадок от плотности орошения, при одной скорости газа в колонне 3,5 $м/с$.

Здесь четко видно, что с увеличением плотности орошения величина относительного брызгоуноса возрастает. Причем это изменение происходит почти линейно.

На рисунке 3 представлены графические зависимости изменения относительного брызгоуноса жидкости u, $г/м^3$, из массообменного аппарата с цельным блоком регулярно-структурированной насадки от фиктивной скорости

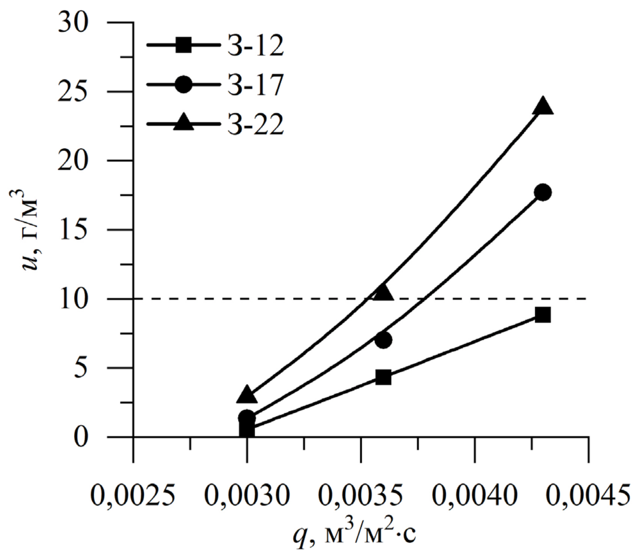


Рисунок 2 – Изменение относительного брызгоуноса от плотности орошения (H = 500 $мм$)

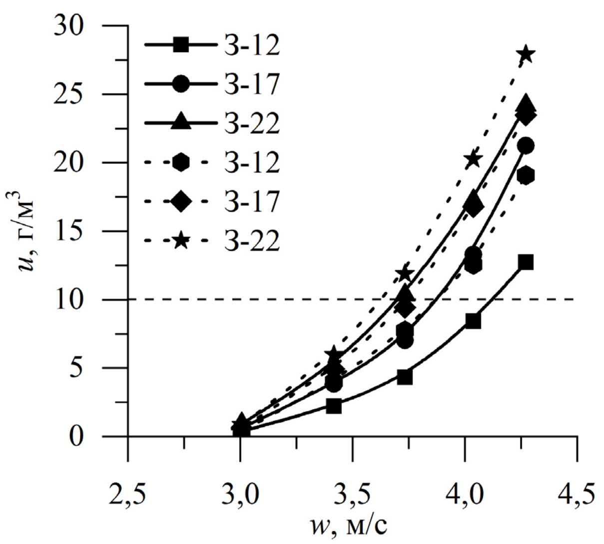


Рисунок 3 – Относительный брызгоунос жидкости при плотности орошения 3,6·10^{-3} $м^3/м^2·с$

газа $\boldsymbol{w}$, $\boldsymbol{м/с}$, при плотности орошения $3{,}6\cdot10^{-3}$ $\boldsymbol{м^3/м^2\cdot с}$. Сплошной линией обозначена зависимость для блока с высотой зоны сепарации 500 $\boldsymbol{мм}$, пунктирной – 400 $\boldsymbol{мм}$.

Из рисунка 3 видно, что при изменении сепарационного пространства над сплошным блоком насадок с 500 до 400 $\boldsymbol{мм}$ величина относительного брызгоуноса возрастает.

В ходе проводимых исследований также измерялось гидравлическое сопротивление $\Delta\boldsymbol{p}$, $\boldsymbol{Па/м}$, орошаемого блока зигзагообразной регулярно-структурированной насадки, которое имзменялось с увеличением фиктивной скорости газа в колонне. На рисунке 4 приведены зависимости для насадки 3-12.

Видно, что с увеличением фиктивной скорости газа в колонне гидравлическое сопротивление резко возрастает. Ранее авторами данной работы уже были проведены исследования по изучению гидродинамики в массобменных аппаратах с зигзагообразной регулярной структурированной насадкой [4, 6, 13], где четко описаны устойчивые гидродинамические режимы движения фаз.

Следующий этап работы заключается в проведении регрессионного анализа полученных экспериментальных данных. Для этого мы выбрали три параметра, которые изменялись в каждом опыте: $\boldsymbol{u}$, $\boldsymbol{w}$ и $\Delta\boldsymbol{p}$. Так как зависимости относительного брызгоуноса $\boldsymbol{u}$, $\boldsymbol{м^3/м^2\cdot с}$, описываются степенной функцией, то эмпирическое уравнение регрессии примет вид [14–16]:

$$u = b_0 + b_1 \cdot w + b_2 \cdot w^2 + b_3 \cdot \Delta p^2 \quad , \qquad (2)$$

где $\boldsymbol{b_0}, \boldsymbol{b_1}, \boldsymbol{b_2}, \boldsymbol{b_3}$, – постоянные коэффициенты; $\boldsymbol{w}$ – фиктивная скорость газа в колонне, $\boldsymbol{м/с}$; $\Delta\boldsymbol{p}$ – гидравлическое сопротивление сплошного блока насадок (с орошением), $\boldsymbol{Па/м}$.

Далее, пользуясь методом наименьших квадратов, проведем оценку коэффициентов выражения (2). Для этого составим систему нормальных уравнений, количество строк которой равно числу опытов, а количество столбцов – числу неизвестных коэффициентов. Количество опытов, в которых изменялись параметры $\boldsymbol{u}$, $\boldsymbol{w}$ и $\Delta\boldsymbol{p}$,

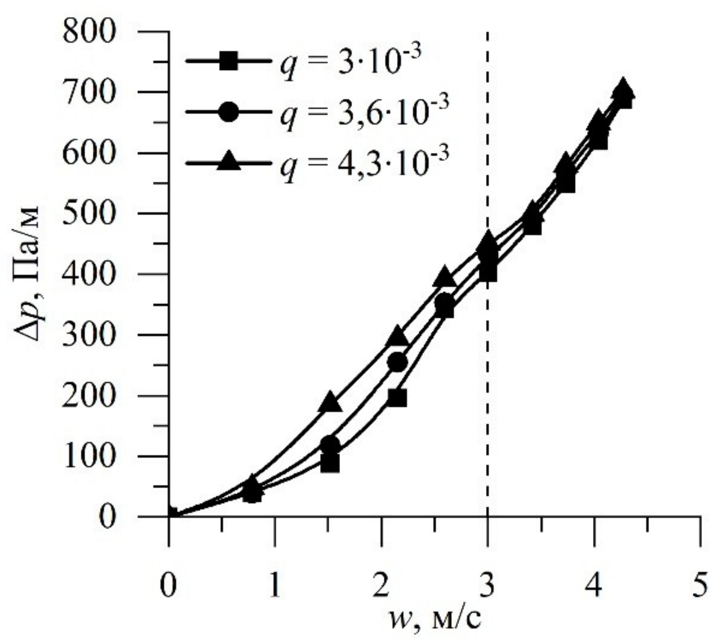


Рисунок 4 – Гидравлическое сопротивление орошаемого блока зигзагообразной регулярно-структурированной насадки 3-12 при трех плотностях орошения $\boldsymbol{q}$, $\boldsymbol{м^3/м^2\cdot с}$

равно $\boldsymbol{N}$ = 5 [14-17]. Данные фиктивной скорости, относительного брызгоуноса и гидравлического сопротивления для определяемых коэффициентов брались при возникновении уноса капель жидкости из колонны, а именно при $\boldsymbol{w}$ = 3 $\boldsymbol{м/с}$.

$$\begin{cases} 5\cdot b_0 + b_1\cdot\sum w + b_2\cdot\sum w^2 + b_3\cdot\sum \Delta p^2 = \sum u \\ b_0\cdot\sum w + b_1\cdot\sum w^2 + b_2\cdot\sum w^3 + b_3\cdot\sum \Delta p^2\cdot w = \sum u\cdot w \\ b_0\cdot\sum w^2 + b_1\cdot\sum w^3 + b_2\cdot\sum w^4 + b_3\cdot\sum \Delta p^2\cdot w^2 = \sum u\cdot w^2 \\ b_0\cdot\sum \Delta p^2 + b_1\cdot\sum w\cdot\Delta p^2 + b_2\cdot\sum w^2\cdot\Delta p^2 + b_3\cdot\sum \Delta p^4 = \sum u\cdot\Delta p^2 \end{cases}. \quad (3)$$

Воспользуемся полученными коэффициентами и приведем уравнение для определения относительного брызгоуноса в колонне со сплошным блоком насадок 3-12 (рисунок 3) с сепарационным пространством 500 $\boldsymbol{мм}$ от гравитационного сепаратора:

$$u = 91,712 - 60,401\cdot w + 10,665\cdot w^2 - 3,312\cdot 10^{-5}\cdot \Delta p^2. \quad (4)$$

Значения брызгоуноса, полученные по эмпирическим уравнениям, хорошо согласуются с экспериментальными данными. Относительная погрешность определялась по формуле из источника [18] и не превысила одного процента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что брызгоунос снижается с уменьшением геометрических размеров каналов насадки. Повышение плотности орошения ведет к увеличению уноса. Рекомендуется работать на 80 % от максимально-фиктивной скорости для снижения выбросов в окружающую среду. Наиболее предпочтительный размер стороны ячеистого канала зигзагообразной регулярно-структурированной насадки, способствующий уменьшению количества уносимой жидкости из массообменного аппарата, равен 12 $\boldsymbol{мм}$. Полученные эмпирические уравнения относительного брызгоуноса с высокой точностью описывают экспериментальную функцию. Погрешность не превысила одного процента. Результаты исследований могут быть использованы предприятиями химической и нефтехимической промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Городилов, А. А. (2016), *Интенсификация процесса тепломассообмена в контактных аппаратах с регулярной насадкой: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08*. Москва, 142 с., доступен по: https://diss.muctr.ru/media/dissertations/2016/04/Диссертация_Городилов_А.А.pdf (по состоянию на 25 октября 2021).

2. Тхет, М. А. (2018), *Получение концентратов стабильных изотопов водорода и кислорода ректификацией воды в пленочном и затопленном режимах: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.01*. Москва, 115 с., доступен по: https://diss.muctr.ru/media/dissertations/2018/09/Диссертация_-_Тхет_Мьйо_Аунг.pdf (по состоянию на 25 октября 2021).

REFERENCES

1. Gorodilov, A. A. (2016), *Intensification of the process of heat and mass transfer in contact devices with a regular packing: cand. diss.* [Intensifikacija processa teplomassoobmena v kontaktnyh apparatah s reguljarnoj nasadkoj: cand. diss.], Moscow, 142 p., available at: https://diss.muctr.ru/media/dissertations/2016/04/Dissertacija_Gorodilov_A.A.pdf (accesed 25 October 2021).

2. Thet, M. A. (2018), *Obtaining concentrates of stable isotopes of hydrogen and oxygen by distillation of water in film and flooded modes: cand. diss.* [Poluchenie koncentratov stabil'nyh izotopov vodoroda i kisloroda rektifikaciej vody v plenochnom i zatoplennom rezhimah: cand. diss.], Moscow, 115 p., available at: https://diss.muctr.ru/media/dissertations/2018/09/

3. Вайтехович, П. Е., Мытько, Д. Ю. (2020), Сравнительный анализ эффективности регулярных насадок для массообменных аппаратов, *Труды БГТУ, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология*, 2020, № 2, С. 44–49.

4. Мытько, Д. Ю., Вайтехович, П. Е. (2020), Гидравлическое сопротивление регулярных насадок массобменных аппаратов, *Вестник Полоцкого государственного университета, Строительство, Прикладные науки,* 2020, № 8, С. 33–38.

5. Вайтехович, П. Е., Мытько, Д. Ю. (2021), Технико-экономическое обоснование и выбор оптимальной насадки, *Труды БГТУ, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология*, 2021, № 1, С. 69–73.

6. Мытько, Д. Ю., Вайтехович, П. Е. (2021), Гидродинамика и эффективность регулярно-структурированных зигзагообразных насадок, *Химическая технология и техника: материалы 85-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием)*, Минск, 2021, С. 56–58.

7. Бальчугов, А. В., Шевель, С. О., Бадеников, А. В. (2020), Применение метода наименьших квадратов для обработки результатов экспериментов по определению брызгоуноса в слое насадки, *Высокие технологии, наука и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации,* Пенза, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», 2020, С. 102–105.

8. Рамм, В. М. (1976), *Абсорбция газов*, Москва, Химия, 656 с.

9. Каган, А. М. (2013), *Контактные насадки промышленных тепломассообменных аппаратов: монография,* Казань, Отечество, 454 с.

10. Лаптев, А. Г., Конахин, А. М., Минеев, Н. Г. (2007), *Теоретические основы и расчет аппаратов разделения гомогенных смесей*, Казань, Казан. гос. энерг. ун-т, 426 с.

Dissertacija_-_Thet_M'jo_Aung.pdf (accesed 25 October 2021).

3. Vajtehovich, P. E., Myt'ko, D. Ju. (2020), Comparative analysis of the effectiveness of regular packings for mass transfer apparatus [Sravnitel'nyj analiz jeffektivnosti reguljarnyh nasadok dlja massoobmennyh apparatov], *Trudy BGTU, Himicheskie tehnologii, biotehnologii, geojekologija – Proceedings of BSTU, Chemical technology, biotechnology, geoecology*, 2020, № 2, pp. 44–49.

4. Myt'ko, D. Ju., Vajtehovich, P. E. (2020), Hydraulic resistance of regular packings of mass exchangers [Gidravlicheskoe soprotivlenie reguljarnyh nasadok massobmennyh apparatov], *Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta, Stroitel'stvo, Prikladnye nauki – Bulletin of Polotsk State University, Construction, Applied Sciences*, 2020, № 8, pp. 33–38.

5. Vajtehovich, P. E., Myt'ko, D. Ju. (2021), Feasibility study and selection of the optimal packing [Tehniko-jekonomicheskoe obosnovanie i vybor optimal'noj nasadki], *Trudy BGTU, Himicheskie tehnologii, biotehnologii, geojekologija – Proceedings of BSTU, Chemical technology, biotechnology, geoecology,* 2021, № 1, pp. 69–73.

6. Myt'ko, D. Ju., Vajtehovich, P. E. (2021), Hydrodynamics and Efficiency of Regularly Structured Zigzag Packs [Gidrodinamika i jeffektivnost' reguljarno-strukturirovannyh zigzagoobraznyh nasadok], *Chemical technology and equipment: materials 85-z scientific and technical. conf. prof.-teach. composition, scientific. employees and graduate students (with international participation)*, Minsk, 2021, pp. 56–58.

7. Bal'chugov, A. V., Shevel', S. O., Badenikov, A. V. (2020), Application of the least squares method for processing the results of experiments to determine the spray loss in the packing layer [Primenenie metoda naimen'shih kvadratov dlja obrabotki rezul'tatov jeksperimentov po opredeleniju bryzgounosa v sloe nasadki], *High*

11. Скобло, А. И., Молоканов, Ю. К., Владимиров, А. И., Щелкунов, В. А. (2000), *Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии,* Москва, ООО «НедраБизнесцентр», 677 с.

12. Лаптев, А. Г. (2007), *Модели пограничного слоя и расчет тепломассообменных процессов*, Казань, Изд-во Казанск. ун-та, 500 с.

13. Вайтехович, П. Е., Мытько, Д. Ю., Волк, А. М. (2021), Влияние геометрических параметров регулярной структурированной насадки на гидродинамику и массообмен, *Труды БГТУ, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология,* 2021, № 2, С. 67–71.

14. Гухман, А. А. (1973), *Введение в теорию подобия*, Москва, Высшая школа, 296 с.

15. Красовский, Г. И., Филаретов, Г. Ф. (1982), *Планирование эксперимента,* Минск, Изд-во БГУ им. В. И. Ленина, 302 с.

16. Грачев, Ю. П., Плаксин, Ю. М. (2005), *Математические методы планирования экспериментов*, Москва, ДеЛипринт, 296 с.

17. Вайтехович, П. Е., Францкевич, В. С. (2014), *Моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования*, Минск, БГТУ, 268 с.

18. Савчук, В. П. (2002), *Обработка результатов измерений*, Одесса, ОНПУ, 54 с.

technologies, science and education: current issues, achievements and innovations – Vysokie tehnologii, nauka i obrazovanie: aktual'nye voprosy, dostizhenija i innovacii, Penza, 2020, pp. 102–105.

8. Ramm, V. M. (1976), *Absorbcija gazov* [Gas absorption], Moscow, Himija Publ., 656 p.

9. Kagan, A. M. (2013), *Kontaktnye nasadki promyshlennyh teplomassoobmennyh apparatov: monografija* [Contact nozzles of industrial heat and mass transfer devices: monograph], Kazan, Otechestvo Publ., 454 p.

10. Laptev, A. G., Konahin, A. M., Mineev, N. G. (2007), *Teoreticheskie osnovy i raschet apparatov razdelenija gomogennyh smesej* [Theoretical foundations and calculation of apparatus for the separation of homogeneous mixtures], Kazan, Kazan. gos. jenerg. un-t Publ., 426 p.

11. Skoblo, A. I., Molokanov, Ju. K., Vladimirov, A. I., Shhelkunov, V. A. (2000), *Processy i apparaty neftegazopererabotki i neftehimii* [Processes and apparatuses for oil and gas processing and petrochemistry], Moscow, OOO «Nedra-Biznescentr» Publ., 677 p.

12. Laptev, A. G. (2007), *Modeli pogranichnogo sloja i raschet teplomassoobmennyh processov* [Boundary layer models and calculation of heat and mass transfer processes], Kazan, Izd-vo Kazansk. un-ta Publ., 500 p.

13. Vajtehovich, P. E., Myt'ko, D. Ju., Volk, A. M. (2021), Influence of geometric parameters of a regular structured packing on hydrodynamics and mass transfer [Vlijanie geometricheskih parametrov reguljarnoj strukturirovannoj nasadki na gidrodinamiku i massoobmen], *Trudy BGTU, Himicheskie tehnologii, biotehnologii, geojekologija – Proceedings of BSTU, Chemical technology, biotechnology, geoecology*, 2021, № 2, pp. 67–71.

14. Guhman, A. A. (1973), *Vvedenie v teoriju podobija* [Introduction to similarity theory], Moscow, Vysshaja shkola Publ., 296 p.

15. Krasovskij, G. I. ,Filaretov, G. F. (1982), *Planirovanie jeksperimenta* [Experiment planning], Minsk, Izd-vo BGU im. V. I. Lenina Publ., 302 p.

16. Grachev, Ju. P., Plaksin, Ju. M. (2005), *Matematicheskie metody planirovanija jeksperimentov* [Mathematical methods for planning experiments], Moscow, DeLiprint Publ., 296 p.

17. Vajtehovich, P. E., Franckevich, V. S. (2014), *Modelirovanie i optimizacija tehnologicheskih processov i oborudovanija* [Modeling and optimization of technological processes and equipment], Minsk, BGTU Publ., 68 p.

18. Savchuk, V. P. (2002), *Obrabotka rezul'tatov izmerenij* [Processing of measurement results], Odessa, ОНПУ Publ., 54 p.

Статья поступила в редакцию 12. 11. 2021 г.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ И РАЗВИТИЮ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

SYSTEMATIC APPROACH TO FORMATION AND DEVELOPMENT LOGISTICS SUPPLY CHAINS IN THE CONSTRUCTION COMPLEX OF THE REPUBLIC OF BELARUS

УДК 658.7:69

Т.Г. Зорина[1*], Т.Г. Потёмкина[2]

[1] Белорусский государственный экономический университет

[2] Белорусский государственный университет транспорта

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-141-151

T. Zoryna[1*], T. Potyomkina[2]

[1] Belarus State Economic University

[2] Belarusian State University of Transport

РЕФЕРАТ

СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС, ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ ПОСТАВОК, МАТЕРИАЛЬНЫЙ ПОТОК, ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОТОК, ФИНАНСОВЫЙ ПОТОК, СЕРВИСНЫЙ ПОТОК, ГРУЗОВОЙ ПОТОК

В статье приведены результаты исследования по применению системного подхода к формированию и развитию логистических цепей поставок в строительном комплексе Республики Беларусь с целью дальнейшей оценки его управляемости, результативности, эффективности, инвестиционной привлекательности. Этот подход позволил структурировать элементы логистической системы строительного комплекса с учетом ее свойств: целостности и делимости; связей; организации; интегративных качеств.

ABSTRACT

CONSTRUCTION COMPLEX, LOGISTICS SUPPLY CHAIN, MATERIAL FLOW, INFORMATION FLOW, FINANCIAL FLOW, SERVICE FLOW, CARGO FLOW

The article presents the results of a study on the application of a systematic approach to the formation and development of logistics supply chains in the construction complex of the Republic of Belarus in order to further assess its manageability, effectiveness, efficiency, investment attractiveness. This approach made it possible to structure the elements of the logistics system of the construction complex taking into account its properties: integrity and divisibility; connections; organization; integrative qualities.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем современной теории и практики логистики является формирование и развитие логистических цепей поставок в строительном комплексе (ЛЦП СК), учитывающей: нестабильность параметров материального и связующих потоков; качество и цену конечного продукта, зависящих от множества участников цепи; долгосрочность планирования и управления в ЛЦП СК; интеграцию участников цепи в единую оценочную систему; транспортную составляющую в общих логистических издержках.

На сегодняшний день исследование проблемы формирования и развития ЛЦП СК, а также подходы к оценке их эффективности рассматриваются отдельно. В отечественной научной литературе рассмотрены: организационная структура ЛЦ, подходы к принятию решений в цепи поставок на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях. В зарубежной литературе рассмотрены вопросы организации строительного процесса и управления строительными

* E-mail: *tanyazorina@tut.by* (T. Zoryna)

потоками без учета интеграции всех участников ЛЦП СК.

Предмет исследования – системный подход к анализу, формированию и развитию ЛЦП СК Республики Беларусь.

Объект исследования – строительный комплекс Республики Беларусь.

Целью исследования является оценка СК как логистической системы в целом с выделением отдельных единиц анализа ЛЦП СК. Для реализации этой цели были поставлены следующие задачи:

– оценить вклад СК в ВВП Республики Беларусь;

– проанализировать СК Республики Беларусь как логистическую систему с ее декомпозицией в разрезе свойств и основных характеристик.

Строительный комплекс и его вклад в ВВП Республики Беларусь

Строительный комплекс (СК) – это сложная, многофункциональная, межотраслевая система, деятельность которой направлена на выполнение полного цикла работ (научно-исследовательских, изыскательских, проектных, производственных, строительно-монтажных) по строительству и передаче в эксплуатацию зданий, сооружений, объектов инфраструктуры (рисунок 1).

Основной целью функционирования строительного комплекса Республики Беларусь является возведение жилых и административных зданий по эффективным проектам, обеспечивающим снижение стоимости строительства объектов за счет экономии затрат на всех стадиях инвестиционно-строительного цикла и сокращения потребления ресурсов.

Строительный комплекс сегодня находится в сложной экономической ситуации, во многом обусловленной следующими причинами:

– низкая эффективность управления инвестиционными проектами и оптимизации различных процессов в строительстве (проведения конкурсных процедур, нормирования труда, организации строительных работ);

– сложность формирования окончательной стоимости строительства объекта, отсутствие твердых цен на услуги строительства;

– низкий уровень использования производственных мощностей;

– неготовность работать на внешних рынках;

– низкая конкурентоспособность по сравнению с крупными зарубежными компаниями;

– высокая ресурсоемкость;

– недостаточный уровень применяемых современных технологий;

– неразвитость государственно-частного партнерства и др. [11, с. 126–128].

СК занимает значительную долю в структуре ВВП Республики Беларусь (рисунок 2).

Анализируя рисунок 2, можно сделать вывод, что вклад СК в ВВП определятся посредством таких видов экономической деятельности, как строительство; промышленность; лесное хозяйство; профессиональная, научная и техническая деятельность; государственное управление; образование; деятельность в сфере административных и вспомогательных услуг; информация и связь; финансовая и страховая деятельность; транспортная деятельность и складирование. А субъекты перечисленных видов экономической

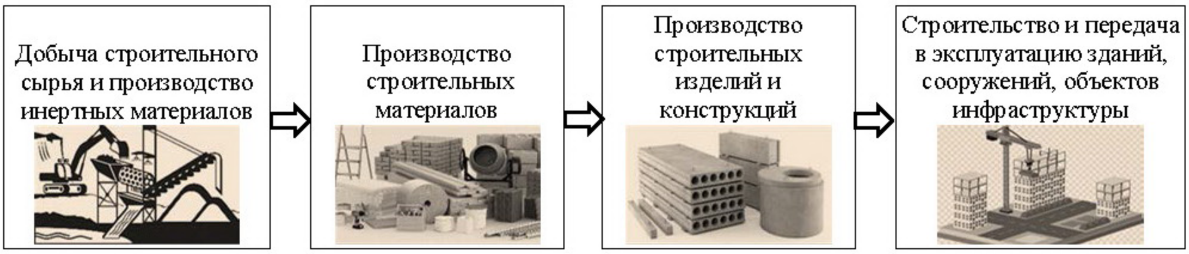


Рисунок 1 – Схема функционирования строительного комплекса

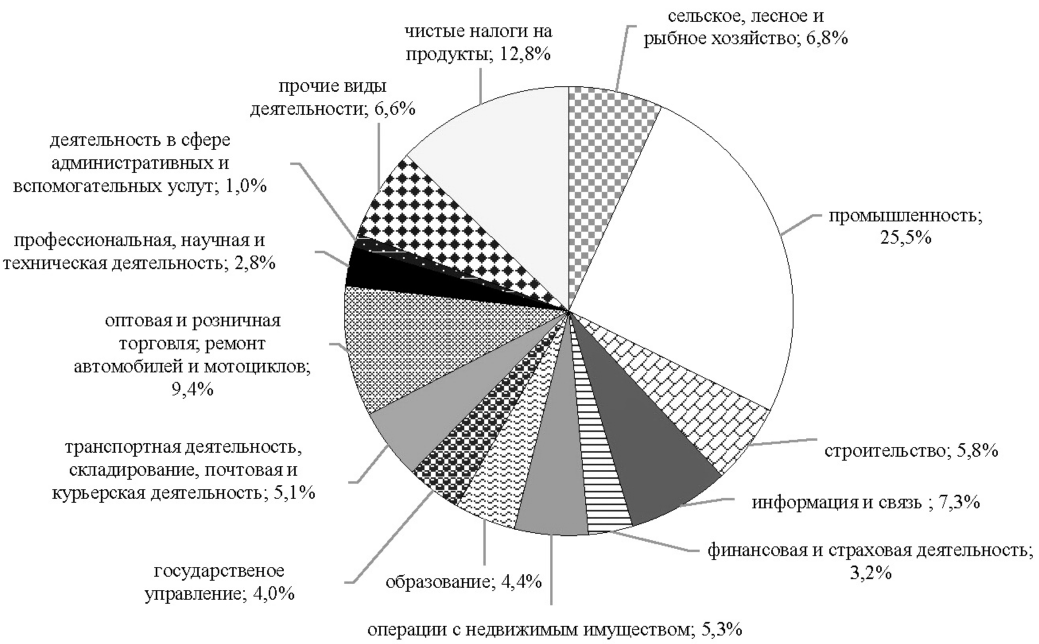


Рисунок 2 – Структура ВВП Республики Беларусь в 2020 г. [1]

деятельности, в свою очередь, являются участниками логистических цепей поставок в строительном комплексе (ЛЦП СК).

ЛЦП СК – это линейно упорядоченное множество элементов логистической системы от поставщиков строительных материальных ресурсов до объекта строительства, связанных логистическими потоками [8], [9].

Оценка СК Республики Беларусь как логистической системы (ЛС СК)

СК как логистическая система обладает следующими свойствами: целостность и делимость; связи; организация; интегративные качества. Проведем анализ свойств системы СК в Республике Беларусь.

1 свойство ЛС СК – ЦЕЛОСТНОСТЬ И ДЕЛИМОСТЬ СК – это целостная, организационно-завершенная экономическая система, которую в целях анализа можно рассматривать в совокупности или разделить на отдельные единицы: процессы, потоки, объекты (таблица 1).

В таблице 2 и на рисунке 3 представлен анализ динамики и структуры МП СК Республики Беларусь в 2015–2020 гг.

В соответствии с данными, представленными в таблице 2 и на рисунке 3, можно сделать следующие выводы: основная доля МП СК Республики Беларусь приходится на сырьевой поток и поток инертных материалов (66,89 % в 2020 г), на поток строительных материалов – 19,79 %, поток строительных изделий и конструкций – 13,32 %. МП СК в анализируемый период вырос на 13,8 % и составил в 2020 г. 118730 тыс. т. На протяжении исследуемого периода падение объемов производства наблюдалось в 2016 г. (97181,5 тыс. т, или 94,4 % к уровню 2015 г.), которое обусловлено кризисной ситуацией в экономике Республики Беларусь.

Для СК одним из источников поступления валюты, необходимой для технического перевооружения и приобретения импортного сырья, комплектующих изделий, современного оборудования, является экспорт продукции его производства. Анализ доли экспорта производственной продукции в структуре МП СК Республики Беларусь рассмотрен в таблице 3.

Общая доля экспорта в исследуемом периоде увеличилась с 9,04 % в 2015 г. до 13,28 % в 2020 г. Вместе с тем в 2017 г. наблюдается пиковое значение роста доли экспорта (17,94 %). Таким образом, СК обладает достаточным потенциалом не только в области строительства, но и в обла-

Таблица 1 – Единицы системного анализа СК

Производственная деятельность (ПД)	Материальный поток (МП)	Объект МП
Добыча нерудного сырья – это ПД, протекающая в пределах разрабатываемых месторождений, включающая добычу горных пород вулканического и осадочного происхождения	Сырьевой поток – движение сырьевых ресурсов с месторождения на предприятия СК для дальнейшего производства инертных материалов	Горные породы вулканического и осадочного происхождения
Производство инертных материалов – это ПД, протекающая в пределах специализированных или дробильно-сортировочных заводов (подразделений), включает очистку, дробление, сортировку и пр. операции с нерудным сырьем	Поток инертных материалов – структурированное движение инертных материалов на строительные объекты или на предприятия СК для дальнейшего производства строительных материалов, изделий, конструкций	Щебень; известняковый щебень, гранитный отсев, песок, керамзит и пр.
Производство строительных материалов – ПД, протекающая в пределах предприятий СК, где сырье и материалы подвергают механическим, физическим, химическим и др. воздействиям. Сырье изменяет форму, размеры, однородность или изменяется состав, строение и пр. характеристики	Поток строительных материалов – движение и синхронизация процессов производства и доставки строительных материалов в необходимых количествах, нужного качества и к тому времени, когда звенья СК в них нуждаются	Древесина, металлы, цемент, бетон, кирпич, строительные растворы; лакокрасочные материалы и прочие объекты, которые подвергаются перед применением обработке
Производство строительных изделий и конструкций – это технически сложная ПД, протекающая в пределах предприятий СК, требующая реализации различных технологий и работ (сварочных, фрезерных, сверлильных, токарных, слесарных и пр.)	Поток строительных изделий и конструкций – структурированное движение крупногабаритных (крупнотоннажных) материалов, изделий и конструкций с применением специализированных основных средств	Готовые детали и элементы, монтируемые и закрепляемые на объекте (сборные железобетонные панели и конструкции, оконные и дверные блоки, санитарно-технические изделия и пр.)
Строительство – это ПД, протекающая в пределах строительной площадки, имеющая конечной целью возведение, становление, ремонт, реконструкцию, разборку или передвижку зданий или сооружений [2, с. 7]	Строительный поток – равномерное и непрерывное осуществление строительства, выступает в виде законченных работ (частный поток); готовых элементов или частей здания (специализированный поток); законченных зданий и сооружений (объектный поток); законченных комплексов сооружений (комплексный поток) [2, с. 7]	Строительный объект – законченная строительная продукция, обладающая эксплуатационными качествами; здания или сооружения, являющиеся предметом строительства (как в процессе возведения, так и после его завершения) [2, с. 7]

Таблица 2 – Анализ МП СК Республики Беларусь в 2015–2020 гг. [10]

тыс. т

Показатель	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Сырьевой поток и поток инертных материалов	**71339,2**	**67558,6**	**69853**	**73117,2**	**79935,2**	**79421,8**
Пески строительные	24483,6	21349,8	23162,4	23947,2	30965,4	31384,8
Гранулы, крошка и порошок из камня; галька, гравий, щебень или камень дробленый	46855,6	46208,8	46690,6	49170	48969,8	48037
Поток строительных материалов	**20270,7**	**18319,9**	**19853,0**	**22120,6**	**23682,0**	**23493,6**
Смеси и изделия из изоляционных минеральных материалов	180,5	157,7	128,4	156,5	196,5	155,6
Цемент, кроме клинкеров цементных	4637,6	4503,3	4490,3	4519,2	4728,1	4735,8
Известь	625,6	474,2	452,1	475,5	463,9	484
Гипс	43,1	62,6	68,1	63,6	68	102,5
Растворы и смеси строительные	693,3	589,7	560,4	655,1	684,7	794,1
Кирпичи и блоки строительные	6870,4	5201,28	5313,92	6196,48	6882,88	6694,4
Керамические неогнеупорные строительные кирпичи	939,8	743,4	606,4	641,9	632,6	606,7
Лист гофрированный (шифер)	1290	1197	1383	1671	1527	1803
Минеральная вата	152,8	153,4	166,3	173,6	171,2	172,1
Гвозди, скобы и аналогичные изделия	50,7	44,3	48,6	49,2	50,9	50,3
Пиломатериалы	1371	1372,5	1630,5	2023	2677,5	2296,5
Фанера клеевая	126,5	125,6	176,9	203,3	205,4	235,1
Плиты древесно-стружечные	1165	1267	1510	1556	1176	1345
Плиты древесно-волокнистые	1362,0	1771,5	2539,5	2913,0	3345,0	3217,5
Плитки и плиты керамические	348,5	357,4	414,9	425,5	454,3	395,4
Плитка тротуарная из бетона или искусственного камня	111,7	86,3	103,3	120,4	162,1	164,6
Обшивка наружных стен из пластмасс	10,2	10,0	14,2	14,0	17,2	17,3
Обшивка внутренних стен из пластмасс	3,4	2,4	3,3	4,7	4,1	4,6
Провода изолированные обмоточные	77,1	7,9	7,7	7,8	8,0	7,4
Трубы стальные	212,2	192,3	235,3	251,3	227,2	211,5
Поток строительных изделий и конструкций	**12685,7**	**13072,7**	**13157,4**	**15462,0**	**15784,9**	**15815,0**
Элементы сборных конструкций из бетона или искусственного камня	5107	4162	4045	4506	4667	4802
Металлоконструкции строительные сборные	150,8	135,2	148,5	156,6	169,1	125,3
Конструкции прочие и части конструкций, плиты, прутки, уголки, профили и аналогичные изделия из черных металлов или алюминия	173,9	207,5	227,2	203,6	255,2	272
Панели и плиты паркетные собранные	2,1	2,0	2,5	2,9	3,5	3,8
Окна, двери деревянные	1269,6	1163,4	1351,2	1548,6	1887,0	1251,1
Окна и их рамы, подоконники из пластмасс	32,6	26,9	29,2	28,6	34,4	32,5
Двери и их рамы, пороги из пластмасс	1,0	0,7	0,8	0,9	1,3	1,1
Двери, окна и их рамы, дверные пороги металлические	12,7	11,6	13,5	15,5	18,9	15,7
Котлы центрального отопления	844,5	995,0	1255,6	1701,8	1299,2	1906,6
Радиаторы центрального отопления без электрического нагрева и их части из черных металлов	58,2	78,4	49,8	33,4	3,2	4,1
Лифты, комплекты сборочные лифтов и скиповые подъемники с электроприводом	5033	6290	6034	7264,5	7446	7400,5
МП СК	**104296**	**98951**	**102863**	**110700**	**119402**	**118730**

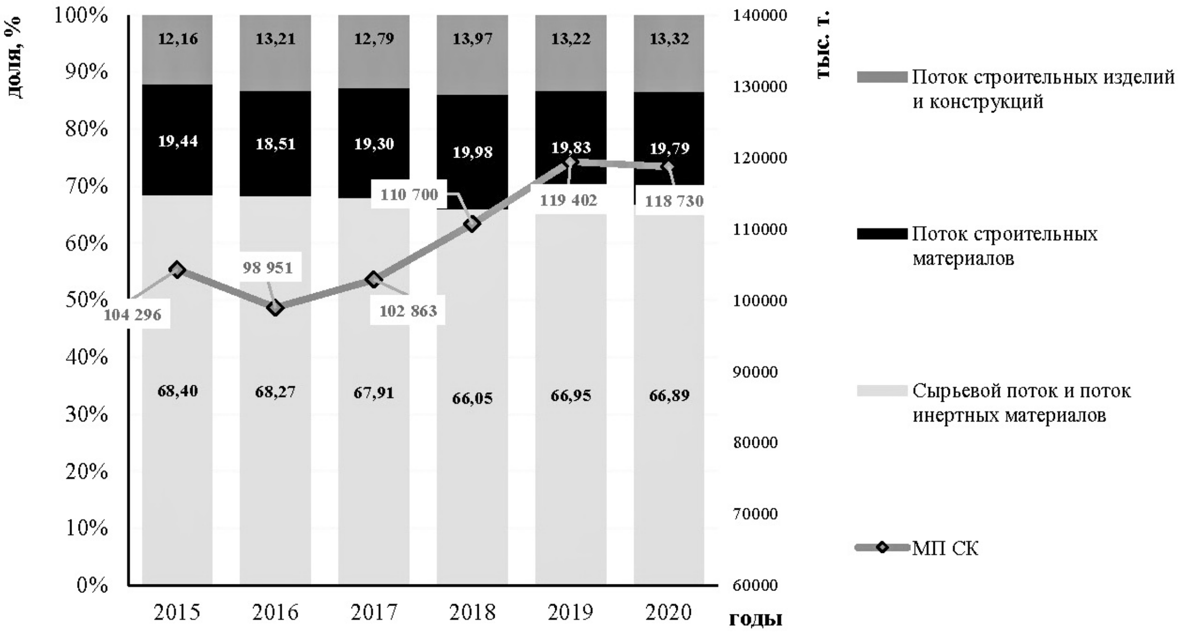


Рисунок 3 – Характеристика МП СК Республики Беларусь

сти производства экспортной продукции.

2 свойство ЛС СК – СВЯЗИ. Между всеми системными элементами, их совокупностями и отдельными системами существуют связи, которые обеспечивают возникновение и сохранение целостных свойств системы. Связь может быть однородной (симметричной) в случае одинаковых элементов и неоднородной (асимметричной). Для обеспечения связи элементов СК в единое целое служат связующие процессы, потоки и их объекты (таблица 4).

Связи обеспечивают образование и сохранение структуры, целостности СК, определяют варианты возможного поведения системы. Важным направлением повышения эффективности производственной деятельности СК является организация связей между его элементами таким образом, когда при изменении процесса, происходящего в одном из элементов, можно оценить эффективность изменений, происходящих в других элементах и СК в целом. Связи между системами различных уровней принято называть вертикальными, а между подсистемами одного уровня – горизонтальными.

Эффективность связующего процесса в ЛС СК определяется посредством таких показателей, как длительность логистического цикла; суммарные логистические издержки в ЛС СК; уровень сервиса и своевременность финансирования. Организация связующего процесса напрямую связана с формированием и развитием ЛЦП СК.

3 свойство ЛС СК – ОРГАНИЗАЦИЯ. Для СК характерна концентрация производственных процессов: сосредоточение производственных ресурсов в крупных институциональных единицах и (или) на отдельных территориях. Производственно-хозяйственная концентрация в СК характеризуется количественными показателями: объем строительно-монтажных работ (СМР) (рисунок 4).

На рисунке 4 видно, что основная доля строительно-монтажных работ в 2020 г. в Республике Беларусь приходится на Минскую область и г. Минск (25,58 % и 18,62 % соответственно). Далее расположены Гомельская область (16,33 %), Гродненская область (12,61 %), Брестская область (11,16 %), Витебская область (9,64 %) и на последнем месте Могилевская область (6,15 %). Из существенных изменений в структуре производственно-хозяйственной кон-

Таблица 3 – Анализ экспорта производственной продукции СК Республики Беларусь в 2015–2020 гг. [3]

тыс. т

Показатель	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Сырьевой поток и поток инертных материалов	**5427**	**11070,6**	**12145,2**	**11397,6**	**9746,1**	**7337,9**
Галька, гравий, щебень	3842,5	9442,5	10194,7	9704,2	8216,2	5772,4
Цемент	1584,5	1628,1	1950,5	1693,4	1529,9	1565,5
Поток строительных материалов	**2516,9**	**3391,4**	**4678,0**	**5404,8**	**6077,5**	**6531,2**
Плиты, листы, пленка из пластмасс	68	82,29	85,7	75,2	79,5	81,3
Лесоматериалы продольно распиленные	832,7	1079,6	1626	2311	2697	2679,2
Фанера клеевая	85,9	110,0	150,6	166,0	173,6	227,2
Плиты древесно-стружечные	571,2	1018,6	1296,6	1144,8	951,9	1112,4
Плиты древесно-волокнистые	708	844,5	1230	1392	1882,5	2157
Трубы, трубки и профили бесшовные из черных металлов	108,8	92,4	141,7	143,1	123,3	91,4
Трубы, трубки и профили сварные или клепаные из черных металлов	79	88,8	62,9	86,7	77,9	87,3
Провода изолированные, кабели	45	53,3	58,7	61,3	62,9	65,2
Прутки и профили алюминиевые	18,3	21,93	25,8	24,7	28,8	30,2
Поток строительных изделий и конструкций	**1489,0**	**1548,9**	**1625,6**	**1787,1**	**1936,2**	**1903,7**
Изделия столярные строительные	26,3	28,3	37,2	40,8	41,7	40,2
Изделия из цемента, бетона или искусственного камня	1413,6	1465,9	1530	1684,2	1805,4	1784,9
Металлоконструкции из черных металлов	49,1	54,7	58,4	62,1	89,1	78,6
Экспортный МП СК	**9433**	**16011**	**18449**	**18590**	**17760**	**15773**
Доля экспорта в объеме производства, всего, в т. ч., %	**9,04**	**16,18**	**17,94**	**16,79**	**14,87**	**13,28**
– сырьевой поток и поток строительных материалов	5,20	11,19	11,81	10,30	8,16	6,18
– поток строительных материалов	2,41	3,43	4,55	4,88	5,09	5,50
– поток строительных изделий и конструкций	1,43	1,57	1,58	1,61	1,62	1,60

центрации СК можно отметить снижение доли Могилевской области с 8,46 % в 2015 г. до 6,15 % в 2020 г.; рост доли Витебской области с 8,25 % в 2015 г. до 9,54 % в 2020 г. Третье место в 2015 г., 2019 г., 2020 г. занимает Гомельская область, в 2016–2018 гг. – Гродненская область.

Территориальная концентрация элементов СК обусловлена принципами размещения предприятий с учетом специфики производственной деятельности:

1. Приближение производства к источникам сырья, топлива, энергии и к районам потребления продукции.

2. Первоочередное и комплексное использование наиболее эффективных видов природных ресурсов.

3. Эффективное размещение производительных сил на территории страны.

4. Реализация преимуществ экономических выгод международного разделения труда в развитии и размещении производительных сил.

5. Ориентация на потребителя.

Цель организации в СК – формирование сложной, организационно-завершенной экономической системы, нацеленной на эффективную и бережливую производственную деятельность, учитывающую сложившуюся территориальную концентрацию субъектов СК в Республике Беларусь. Ээффективность процесса организации в ЛС СК оценивается посредством качества,

Таблица 4 – Процессы, потоки и объекты, обеспечивающие связи в СК

Процесс	Поток	Объект потока
Информационный процесс – это связующий процесс, в котором обеспечивается сбор (приём), передача (обмен), хранение, обработка (преобразование) информации	Информационный поток – распространение сообщений в речевой, документной и иных формах, предназначенный для реализации координационных и управляющих воздействий на СК	Нормативные акты, стандарты, положения, нормативы, распоряжения, инструкции и пр.
Финансовый процесс – это связующий процесс, в котором обеспечивается бесперебойная и скоординированная работа по выполнению функций, связанных с финансами	Финансовый поток – целевое, целенаправленное распределение финансовых (денежных) ресурсов в СК	Финансовые средства в наличной и безналичной формах
Сервисный процесс – это связующий процесс, в котором обеспечивается взаимодействие с клиентами посредством удовлетворения их запросов	Сервисный поток – предоставление услуг, генерируемых СК с целью удовлетворения спроса внешних или внутренних потребителей	Набор нематериальных благ в виде услуг, получаемых клиентами в соответствии с их потребностями
Транспортный процесс – это связующий процесс, обеспечивающий перемещение строительного сырья, материалов, изделий, конструкций, включая погрузочно-разгрузочные операции	МП в процессе перемещения находится в виде грузового потока [6] (количество грузов, перевозимых в СК за определенный отрезок времени)	Строительные и используемые в строительстве грузы, перевозимые внутренним водным, автомобильным и железнодорожным транспортом

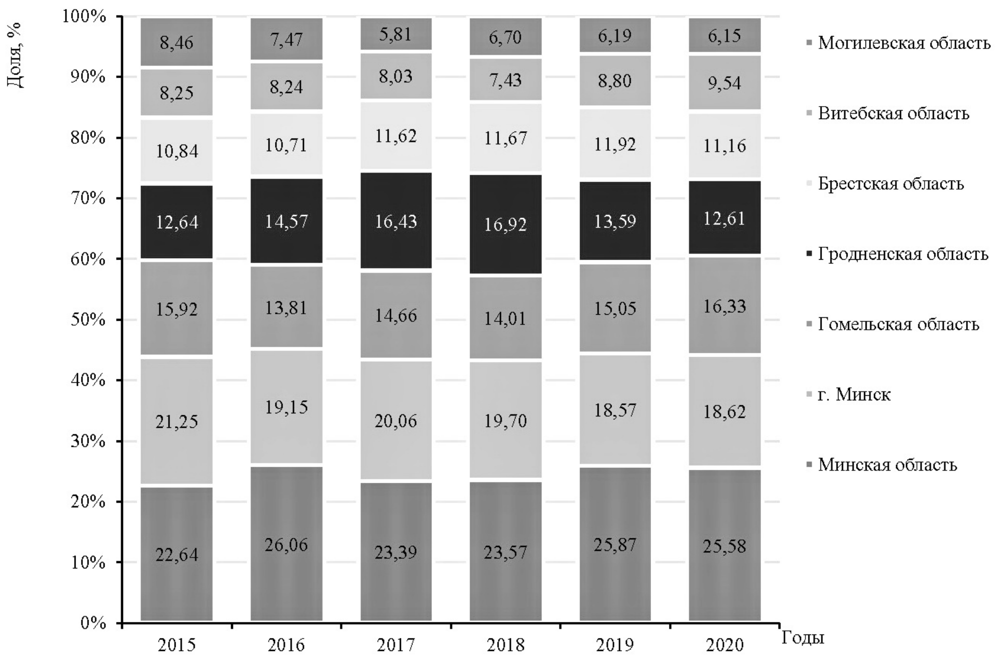


Рисунок 4 – Структурная производственно-хозяйственная концентрация СК Республики Беларусь по областям и г. Минску по объему строительно-монтажных работ за 2016–2020 гг. [4]

последовательности, сроков, экономической целесообразности выполняемых строительно-монтажных работ и их соответствия действующим стандартам.

4 свойство СК – ИНТЕГРАТИВНЫЕ КАЧЕСТВА – качества, присущие системе в целом, но не свойственные ни одному из ее подразделений в отдельности. Интеграция элементов СК Республики Беларусь представлена на рисунке 5.

Для СК Республики Беларусь присуща:

1. Вертикальная интеграция – поточная цепочка технологически связанных производств, результат деятельности которых выражается в виде строительного сырья, материалов, изделий, конструкций, объектов.

2. Горизонтальная интеграция – совокупность не связанных между собою производств, диверсифицированных по продукту или территориально.

3. Смешанная интеграция – используются принципы вертикальной и горизонтальной интеграции (рисунок 5).

Интеграция в СК – это последовательная совокупность действий по формированию и развитию ЛЦП СК. Каждое звено в ЛЦП СК может иметь свои цели, задачи, стратегию получения прибыли.

ЛЦП СК помогает эффективно организовать взаимодействие партнеров, упорядочить их цели и достичь общие результаты:

– рост эффективности использования производственных ресурсов;

– снижение логистических издержек;

– улучшение качества строительной продукции;

– повышение доли экспорта строительных материалов, изделий и конструкций;

– снижение доли концентрации СК в г. Минске

Рисунок 5 – Вертикально-горизонтальная интеграция элементов СК Республики Беларусь [5] и Минской области.

Проведенные авторами исследования показали, что СК является одним из ключевых секторов экономики Республики Беларусь, от которого зависят темпы обновления и модернизации промышленности, сельского хозяйства, транспорта и пр., эффективность производственной деятельности предприятий СК оказывает существенное влияние на темпы развития экономики, создает базу для выполнения основных показателей социально-экономического развития.

По мнению авторов, одним из прогрессивных научных направлений для развития СК Республики Беларусь может стать применение логистических подходов, нацеленных на формирование и развитие ЛЦП СК. Основой этих исследований является оценка СК как логистической системы в целом с выделением отдельных единиц анализа (процессов, протоков и объектов). Системный подход позволяет оценить в СК Республики Беларусь: целостность и делимость; связи, организацию и интегративные качества; выявить резервы роста эффективности; определить направления стратегического и тактического развития. Цель системного подхода при анализе ЛС СК – это оценка управляемости, результативности, эффективности, инвестиционной привлекательности СК и интеграция его элементов в ЛЦП.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Беларусь в цифрах*, Минск, 2021, 71 с.
2. Будников, М. С. (1961), *Основы поточного строительства*, Киев, 1961, 414 с.
3. *Внешняя торговля Республики Беларусь*, Минск, 2021, 201 с.
4. *Инвестиции и строительство в Республике Беларусь*, Минск, 2021, 39 с.
5. Малахов, В. И. (2008), *Оптимизация структуры строительных холдингов: процессный подход, Интернет-проект «Корпоративный менеджмент»*, Режим доступа: https://www.cfin.ru/management/strategy/holdings/optim_structure.shtml, дата доступа: 20.10.2021.
6. Миротин, Л. Б. (2015), *Инновационные процессы логистического менеджмента в интеллектуальных транспортных системах, Том 4, Наиболее крупные инновационные разработки конкретных задач в области логистического менеджмента*, Москва, 2015, 336 с.
7. Папков, Б. В., Куликов, А. Л. (2016), *Теория систем и системный анализ для электроэнергетиков,* Москва, 2016, 470 с.

REFERENCES

1. *Belarus' v tsifrakh* [Belarus in numbers], Minsk, 2021, 71 p.
2. Budnikov, M. S. (1961), *Osnovy potochnogo stroitel'stva* [Fundamentals of in-line construction], Kiev, 1961, 414 p.
3. *Vneshnyaya torgovlya Respubliki Belarus'* [Foreign trade of the Republic of Belarus], Minsk, 2021, 201 p.
4. *Investitsii i stroitel'stvo v Respublike Belarus'* [Investments and construction in the Republic of Belarus], Minsk, 2021, 39 p.
5. Malakhov, V. I. (2008), *Optimizatsiya struktury stroitel'nykh kholdingov: protsessnyj podkhod, Internet-proekt «Korporativnyj menedzhment»* [Optimization of the structure of construction holdings: process approach, Internet project "Corporate Management"], available at: https://www.cfin.ru/management/strategy/holdings/optim_structure.shtml (accesed: 20.10.2021).
6. Mirotin, L. B. (2015), *Innovatsionnye protsessy logisticheskogo menedzhmenta v intellektual'nykh transportnykh sistemakh, Tom 4, Naibolee krupnye innovatsionnye razrabotki konkretnykh zadach v oblasti logisticheskogo menedzhmenta*

8. Потёмкина, Т. Г. (2018), Железнодорожный транспорт в цепи поставок предприятий строительного комплекса: назначение, оценка, направления оптимизации грузопотоков, *Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности)*, Гомель, 2018, Вып. 11, С. 156–166.

9. Потёмкина, Т. Г. (2021), Логистическая цепь поставок в строительном комплексе: понятие, характеристика, проблемы управления, Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость, *Материалы XIV Международной научно-практической конференции*, Минск, 2021, С. 164–165.

10. *Промышленность Республики Беларусь*, Минск, 2021, 51 с.

11. Чернорук, С. В. (2017), Строительный комплекс в Республике Беларусь: проблемы и перспективы развития, Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы, *Материалы XI Международной научно-практической конференции*, Пинск, 2017, С. 126–128.

[Innovative processes of logistics management in intelligent transport systems, Volume 4, The largest innovative developments of specific tasks in the field of logistics management], Moscow, 2015, 336 p.

7. Papkov, B. V., Kulikov, A. L. (2016), *Teoriya sistem i sistemnyj analiz dlya ehlektroehnergetikov* [Systems theory and system analysis for electric power engineers], Moscow, 2016, 470 p.

8. Potyomkina, T. G. (2018), Railway transport in the supply chain of enterprises of the construction complex: purpose, evaluation, directions of optimization of cargo flows [ZHeleznodorozhnyj transport v tsepi postavok predpriyatij stroitel'nogo kompleksa: naznachenie, otsenka, napravleniya optimizatsii gruzopotokov], *Rynok transportnykh uslug (problemy povysheniya effektivnosti) – Transport services market (problems of efficiency improvement)*, Gomel, 2018, Issue 11, pp. 156–166.

9. Potyomkina, T. G. (2021), Logistics supply chain in the construction complex: concept, characteristics, management problems [Logisticheskaya tsep' postavok v stroitel'nom komplekse: ponyatie, kharakteristika, problemy upravleniya], Economic growth of the Republic of Belarus: globalization, innovation, sustainability, *Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference*, Minsk, 2021, pp. 164–165.

10. *Promyshlennost' Respubliki Belarus'* [Industry of the Republic of Belarus], Minsk, 2021, 51 p.

11. CHernoruk, S. V. (2017) The construction complex in the Republic of Belarus: problems and prospects of development [Stroitel'nyj kompleks v Respublike Belarus': problemy i perspektivy razvitiya], Sustainable economic development: state, problems, prospects, *Materials of the XI International Scientific and Practical Conference*, Pinsk, 2017, pp. 126–128.

Статья поступила в редакцию 03. 11. 2021 г.

МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОТРОП НА РЫНКЕ СПОРТИВНЫХ УСЛУГ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

MARKETING RESEARCH OF ECO-TRAIL DEVELOPMENT IN THE SPORTS SERVICES MARKET OF THE REPUBLIC OF BELARUS

УДК 339.1238:338.46

И.А. Прохоренкова, Е.В. Демченко*
Белорусский государственный экономический университет

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-152-160

I. Prokhorenkova, E. Demchenko*
Belarus State Economic University

РЕФЕРАТ

СПОРТИВНАЯ УСЛУГА, МАССОВЫЙ СПОРТ, ЭКОТРОПА, МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, МОТИВАЦИЯ, ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ, ЛОЯЛЬНОСТЬ, ПРОДВИЖЕНИЕ

В статье рассмотрены тенденции развития рынка спортивных услуг с учетом отраслевого фактора, особенности массового спорта, формы физической активности потребителей. Выявлены основные направления массового спортивного маркетинга в Республике Беларусь: детский, школьный и студенческий спорт, спорт ветеранов, спорт людей с ограниченными возможностями; оздоровительный фитнес; стихийный спорт. Исследовано социально-экономическое содержание экотроп как совместного продукта в сфере спортивных услуг и экологического туризма. Выявлены наиболее популярные экотропы Республики Беларусь, приведена их классификация и проанализированы преимущества создания для субъектов экономики. Авторами проведено маркетинговое исследование целевой аудитории, даны практические рекомендации по продвижению данной спортивной услуги с учетом потребительских предпочтений, укреплению лояльности и информирования клиента, перекрестным продажам.

ABSTRACT

SPORTS SERVICE, MASS SPORTS, ECO-TRAIL, MARKETING RESEARCH, MOTIVATION, CONSUMER PREFERENCES, LOYALTY, PROMOTION

The article examines the development trends of the sports services market, taking into account the industry factor, features of mass sports, forms of physical activity of consumers. The main directions of mass sports marketing in the Republic of Belarus are revealed: children, school and student sports, sports of veterans, sports of people with disabilities; wellness fitness; spontaneous sports. The socio-economic content of eco-trails as a joint product in the field of sports services and ecological tourism has been investigated. The most popular eco-trails of the Republic of Belarus are determined, their classification is given and the advantages of creation for economic entities are analyzed. The authors carried out a marketing study of the target audience, gave practical recommendations for promoting this sports service, taking into account consumer preferences, strengthening loyalty and informing the client, cross-selling.

В настоящее время одним из динамично развивающихся рынков является рынок спортивных услуг. В современных условиях на рынке спортивных услуг происходит расширение возможностей первичного спроса, предпочтение услуг, характеризующихся системным подходом, изменение маркетинговых каналов. Отраслевые особенности определяют специфику практической реализации концепции маркетинга. Объектами маркетинга массового спорта традиционно выступает здоровый образ жизни как социальное явление и различные формы физической

* E-mail: *demlena@inbox.ru* (E. Demchenko)

активности. Некоторые направления развития маркетинга спортивных услуг исследовались отечественными и зарубежными авторами: Д. Бичом, С. Чедвиком [1], А. Ферраном, Ж.-Л. Шапле, Б. Сегеном [2], Лавлоком К. [3], Алексеевым С.В. [4] и др. Однако рассмотрение отдельных направлений развития маркетинга спортивных услуг не позволяет в полной мере использовать потенциал маркетинга. В условиях конкурентного характера рыночной среды успех производителя услуг зависит от характера взаимодействий с потребителями, процесса оказания услуги, степени лояльности и приверженности клиентов. Целью маркетингового исследования является изучение осведомленности потенциальных потребителей об экотропах, а также выявление потребительских предпочтений. Согласно поставленной цели задачи исследования:

– анализ отраслевых особенностей, специфики рынка спортивных услуг;

– исследование сущности и классификации экотроп, их преимуществ для субъектов экономики, выявление наиболее популярных экотроп Республики Беларусь;

– проведение маркетингового исследования развития экотроп в Республике Беларусь;

– разработка рекомендаций по продвижению спортивной услуги – экотропы.

При исследовании тенденций развития рынка спортивных услуг целесообразно выделять следующие особенности рынка услуг:

1) ориентация на географическую сегментацию, так как система предоставления услуг в большей степени зависит от характеристик территории;

2) высокая скорость оборота капитала в связи с коротким производственным циклом;

3) низкая степень осязаемости, что проявляется в невозможности оценки услуг до их приобретения. Снизить риски можно с помощью сертификации, лицензирования;

4) временные и пространственные ограничения производства и потребления услуг;

5) мобильность и быстрое реагирование на изменения рыночной конъюнктуры (производителями, как правило, выступают малые и средние предприятия);

6) непостоянство качества услуг. Эта характеристика зависит как от исполнителя, то есть уровня его квалификации, навыков, умений, так и от клиента, уровня его базовой подготовки;

7) неотделимость от источника. Источником выступает исполнитель, процесс и результат услуг непосредственно связан с конкретным производителем услуги;

8) социальная значимость услуг;

9) невозможность перепродажи услуг;

10) сложность ценообразования на рынке услуг. С одной стороны, цены на услуги формируются под влиянием активности конкурентов, величины и динамики платежного спроса. С другой – при формировании цен учитывается высокий уровень государственного регулирования на рынке услуг;

11) высокий уровень дифференциации услуг, обусловливающий появление новых нестандартных видов услуг [5, с. 147].

В этой связи уровень развития спортивных услуг необходимо рассматривать с точки зрения внешнего окружения и внутреннего содержания спортивной деятельности в рамках индустрии спорта. Маркетинг спортивных услуг является важным средством решения стратегических и тактических задач спортивных организаций, а также средством развития массового спорта, так как у населения большинства стран за последние годы значительно возрос интерес как к собственной спортивной активности, так и к пассивному потреблению спорта в качестве болельщиков, зрителей.

Массовый спортивный маркетинг – это самостоятельный вид маркетинга, имеющий свои особенности. Основные объекты массового спортивного маркетинга — здоровый образ жизни как социальное явление, различные формы физической активности как важная часть существования и развития современного человека, массовые спортивные события [6].

Массовый спорт включает различные формы физической активности:

1. Детский, школьный и студенческий спорт, спорт ветеранов, спорт людей с ограниченными возможностями. Регулярно в стране проводятся любительские спортивные соревнования между районами, областями, предприятиями, вузами и т. д. Данный вид спортивных услуг относится к социальной сфере экономики и в значительной степени финансируется за счет средств бюджета.

Ежегодно в Республике Беларусь для любителей здорового образа жизни проводится более 10 тысяч спортивно-массовых мероприятий. Наиболее популярные их них: Республиканский фестиваль здорового образа жизни «Крещенские купания», зимнее спортивно-массовое мероприятие «Белорусская лыжня», областной фестиваль здорового образа жизни «Мама, папа, я – здоровая семья», Республиканская спартакиада для сельских жителей «Золотой колос» и т. д.

2. Оздоровительный фитнес. Является частью рыночной экономики и может развиваться за счет своей коммерческой деятельности.

Удельный вес лиц, занимающихся физической культурой и спортом в Республике Беларусь, составил 24 % (2337 тыс. чел.) в 2019 г. и имеет тенденцию к росту [7], что отражено на рисунке 1.

Положительная динамика роста численности лиц, занимающихся физической культурой и спортом, говорит о перспективности развития рынка спортивных услуг, необходимости разработки концепции маркетинга.

3. Стихийный спорт. Это виды спорта, которыми индивиды занимаются самостоятельно, на открытом воздухе, с использованием спортивного оборудования или без него. Сюда относится: бег, велоспорт, лыжный спорт и скейтборд, турпоходы, скандинавская ходьба, сплавы на байдарках и каякинг, кайтсерфинг.

Стихийный спорт в основном остается за пределами традиционного маркетинга, поскольку, на первый взгляд, не имеет коммерческой составляющей, а, следовательно, не требует использования маркетинговых инструментов управления. Однако стихийный спорт также нуждается в маркетинговом подходе для развития спортивных услуг с учетом потребительских предпочтений.

Как можно заметить, большинство направлений стихийного спорта находится на стыке спорта и туризма, следовательно, это может стать основой для создания совместного продукта. Наиболее перспективным в Республике Беларусь совместным продуктом выступают экологические тропы, которые могут сочетать в себе как элементы пешей прогулки, так и велоспорта, и сплавы на байдарках.

Экологическая тропа (экотропа, учебно-туристическая тропа) – это специально оборудованный маршрут, проходящий через различные экологические системы и другие природные

Рисунок 1 – Численность лиц, занимающихся физической культурой и спортом в Республике Беларусь

Источник: Разработка авторов на основе [7].

объекты, архитектурные памятники, имеющие эстетическую ценность, на котором идущие (гуляющие, туристы и т. п.) получают устную (с помощью экскурсовода) или письменную (стенды, аншлаги и т.п.) информацию об этих объектах [8].

Специфика данной услуги заключается в том, что, с одной стороны, она может быть самостоятельной спортивной услугой, а с другой, частью туристического продукта. Таким образом, экотропы становятся новым, но весьма перспективным направлением на стыке спортивного маркетинга и экологического туризма. Причем данный продукт нельзя назвать новинкой, он уже существует на рынке определенное время, однако нуждается в ребрендинге и более активном продвижении.

История организации таких маршрутов насчитывает более 70 лет. Впервые экотропы возникли на заповедных территориях – в национальных парках Северной Америки, позже – в Западной Европе. Наибольшую популярность экологические тропы получили в Эстонии. Широко известны тропы Лахемааского национального парка (Эстония) протяженностью 4–12 *км*.

Таким образом, совместный продукт в сфере спортивных услуг и экологического туризма будет способствовать развитию последнего, что является актуальным в настоящее время при имеющемся потенциале в стране.

Как известно, эпидемиологическая ситуация в стране в связи с Covid-19 резко снизила спрос как на туризм, там и на спортивные услуги. Однако рассматриваемая спортивная услуга, предоставляемая на свежем воздухе, дополнительных мер безопасности и соблюдения масочного режима не требует. Более того, прохождение экотроп только положительным образом влияет на иммунитет, так как повышает физическую активность и выносливость, предоставляется в экологических системах с относительно более чистым и свежим воздухом. Следовательно, именно такие услуги будут содействовать постепенному выходу из кризиса для отрасли.

Создание и развитие экотроп позволяет эффективно реализовать направления Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь, а именно подпрограммы 2 «Подготовка спортивного резерва, физкультурно-оздоровительная, спортивно-массовая работа» [9]. Это, в свою очередь, позволит привлечь наименее активные сегменты: граждан пенсионного возраста и население, проживающее в сельской местности и малых городах. Кроме того, выступает эффективным инструментом оздоровления нации, укрепления международного имиджа страны, обеспечения инновационного развития отрасли.

Если экологическая тропа планируется размещаться на особо охраняемой территории, то ее разработка регламентируется Инструкцией о порядке разработки обустройства и использования экологических троп на особо охраняемых природных территориях», принятой Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 16 декабря 2010 г. № 58. К таким территориям относятся: заповедники, национальные парки, заказники, памятники природы. При выборе маршрута, по которому пройдет экологическая тропа, должны быть учтены требования по охране видов диких животных и дикорастущих растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, мест обитания диких животных и произрастания дикорастущих растений [10].

Экологические тропы могут иметь:

– линейное построение (когда тропа начинается в одном пункте, а заканчивается в другом);

– кольцевое построение (когда тропа начинается и заканчивается в одном и том же месте);

– радиальное построение (тропа, по которой возвращаешься в место отбытия тем же путем).

Максимальная протяженность экологической тропы должна быть не более восьми километров. Если экологическая тропа используется в учебных целях, то ее протяженность не должна превышать двух километров.

В настоящий момент в Республике Беларусь насчитывается порядка семидесяти экотроп. Однако только 10 из них имеют деревянный настил [11], то есть являются комфортабельными для туристов (рисунок 2).

Это такие экотропы, как «Озеравки-Ельня» в Миорском районе, «По лесной заповедной тропе» в Лепельском районе, «Сябрыньский перекресток» в Ивьеньском районе Гродненской области, «Надливская гряда» в Ивацевичском районе Брестской области, «Ольманские болота» в Столинском районе Брестской области, «В

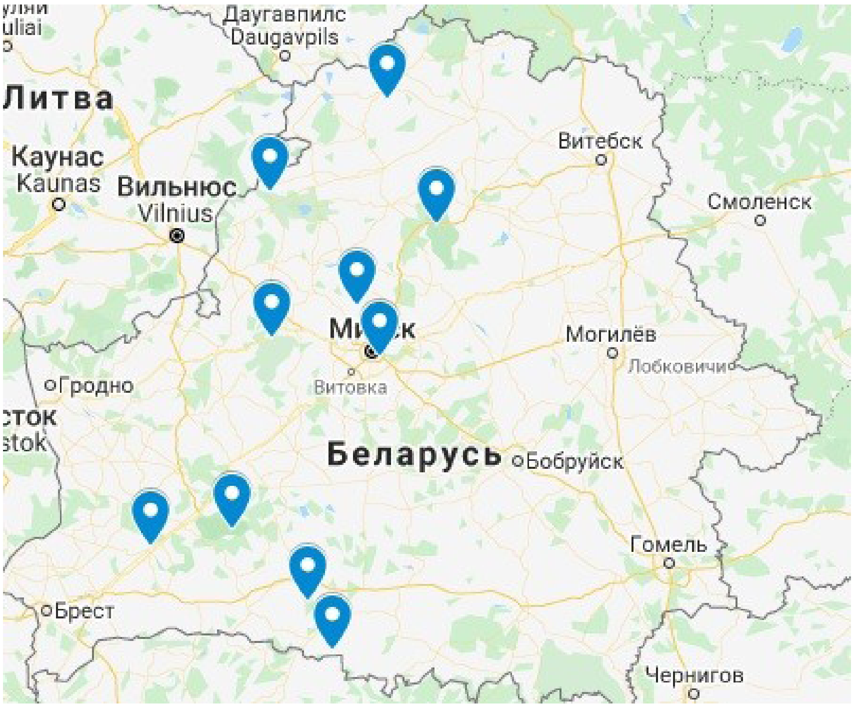


Рисунок 2 – Экотропы с деревянным настилом в Республике Беларусь

Источник: [11].

краю вертлявой камышевки» Березовского района Брестской области, «По лозовой долине» Лунинецкого района Брестской области, «Голубые озера» Мядельского района Минской области, «Святые криницы» Минского района и «Чижовка» в Минске.

Экотропы несут в себе преимущества не только для потребителей спортивных услуг, но и для региона в целом (таблица 1).

Целевая аудитория экотропы очень широкая, она включает всех возможных посетителей маршрута, в том числе местных жителей, отдыхающих, случайных прохожих (восприятие информации и воспитательное воздействие при этом является пассивным).

Было проведено онлайн-исследование осведомленности об экотропах среди населения Республики Беларусь на платформе survio. Период исследования: 16–22 марта 2021 г. В опросе принимали участие 160 человек. Численность выборки определялась эмпирическим методом, так как уже на середине исследования было замечено, что новые данные вносят лишь незначительные изменения в уже собранные результаты.

Исследования были проведены по нескольким направлениям (рисунки 3–7).

1. Осведомленность об экотропах.

Как видно из рисунка 3, половина респондентов не имеет представления о том, что такое экотропа.

Исследования показали, что больше половины респондентов не знает о существовании экотроп в Республике Беларусь.

Как видно из рисунка 5, большинство респондентов ни разу не проходили экотропы.

2. Популярность экотроп.

Респондентам было предложено выбрать экотропы, которые они когда-либо проходили. В список вошли все экотропы с деревянным настилом.

Самой популярной оказалась экотропа «Голубые озера», ее прошли 7 человек. На втором месте «Чижовка» – 6 человек. «Озерки-Ельня» – 3 человека, «По лесной заповедной тропе» – 2

Таблица 1 – Преимущества создания экотроп для субъектов экономики

Субъект экономики	Преимущества
Турист	Разнообразный отдых Двигательная активность Изучение достопримечательностей региона, редких представителей флоры и фауны
Регион	Новые рабочие места (экскурсии; прокат велосипедов, вездеходов, байдарок, биноклей; продажа сувенирной продукции; объекты питания; изготовление и реализация экопродуктов питания) Имидж региона Поступление денежных средств в региональный бюджет
Страна	Дополнительный продукт для иностранных туристов наряду с большей вовлеченностью местных Облагораживание территорий Воспитание экологического мышления и мировоззрения

Источник: составлено авторами.

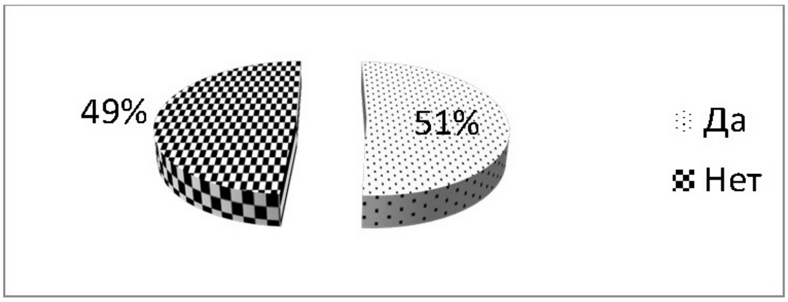


Рисунок 3 – Ответы респондентов относительно их представлений об экотропе

Источник: составлено авторами на основе исследования.

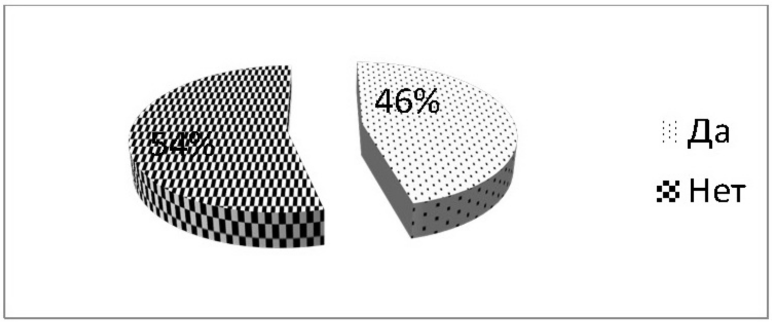


Рисунок 4 – Ответы респондентов относительно их осведомленности о существовании экотроп в Республике Беларусь

Источник: составлено авторами на основе исследования.

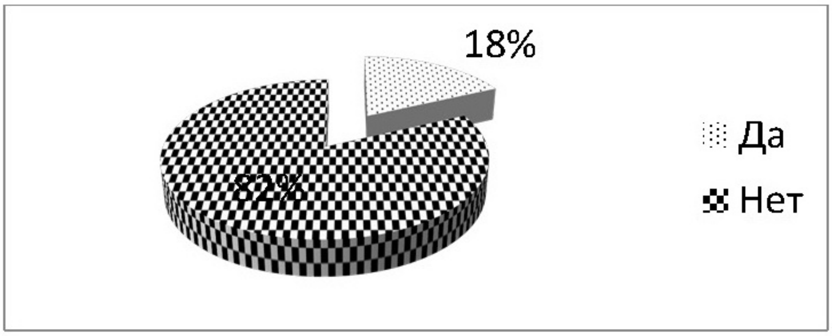


Рисунок 5 – Ответы респондентов относительно их прохождения экотроп

Источник: составлено авторами на основе исследования.

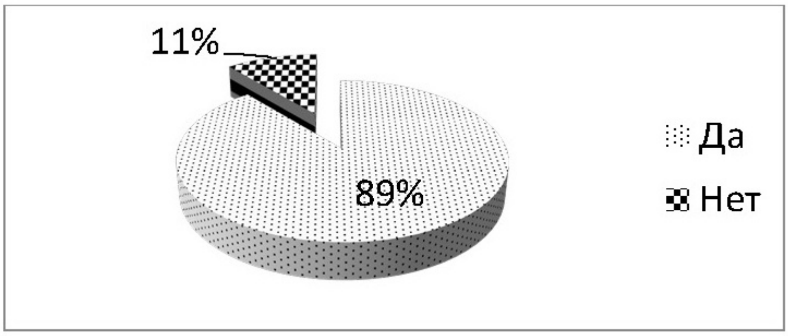


Рисунок 6 – Ответы респондентов относительно желания пройти экотропы

Источник: составлено авторами на основе исследования.

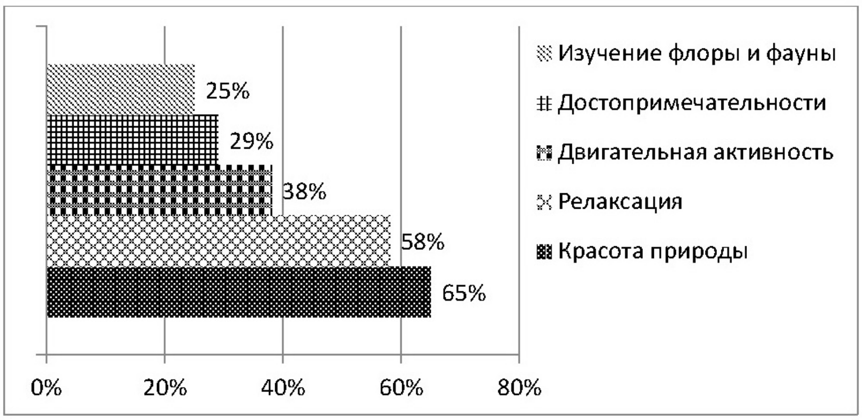


Рисунок 7 – Ответы респондентов относительно мотивов пройти экотропы

Источник: составлено авторами на основе исследования.

человека. По одному человеку выбрало экотропы «Святые Криницы», «В краю вяртливой камышевки», «Ольманские болота».

3. Заинтересованность.

Согласно проведенным исследованиям выявлено, что большинство респондентов желают пройти экотропы.

4. Мотивация.

Анализ показал, что основным мотивом для прохождения экотроп будут являться красивые природные ландшафты и релаксация. Изучение флоры и фауны, местных достопримечательностей не мотивировало респондентов.

По итогам проведенного исследования для развития экотроп целесообразно:

– информационное обеспечение развития экотроп как важнейшей спортивной услуги;

– разработка системы продвижения экотроп с учетом потребительских предпочтений;

– при формировании концепции маркетинга делать акцент на такую мотивацию туристов, как привлекательность и красоту региона, релаксацию, двигательную активность;

– предлагать посещение экотроп как дополнительный пакет услуг. Например, при пребывании туриста в близлежащих санаториях, участии в экскурсионных программах;

– исследовать российский и международный опыт по привлечению волонтеров и обеспечению информационной поддержки продвижения экотроп;

– стратегия продвижения должна включать перекрестные продажи (продажи связанных или несвязанных продуктов) клиентам из существующей базы или продажи существующих продуктов потенциальным покупателям по базе новых клиентов;

– определять потенциальных потребителей через характеристики ответной реакции на рекламу, на основе которых строится база данных;

– укрепление лояльности клиента, которое может строиться на запоминании клиентских предпочтений и направлении клиентам соответствующей информации, подарков или иных материалов.

Таким образом, анализ особенностей развития рынка спортивных услуг, потребительских предпочтений использования экотроп в Республике Беларусь позволит разработать концептуальные и методические подходы к формированию маркетинговой стратегии, что будет способствовать росту эффективности и повышению качества спортивных услуг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бич, Д. (2010), *Маркетинг спорта*, Москва, Альпина, 705 с.

2. Ферран, А, Шаплле, Ж.-Л, Сеген, Б. (2013), *Олимпийский маркетинг*, Москва, Рид Медиа, 352 с.

3. Лавлок, К. (2005), *Маркетинг услуг: персонал, технологии, стратегии*, Москва, Вильямс, 453 с.

4. Алексеев, С. В. (2015), *Спортивный маркетинг. Правовое регулирование*, Москва, Юнити-Дана, 648 с.

5. Демченко, Е. В. (2019), Концептуальные на-

REFERENCES

1. Beach, D. (2010), *Marketing sporta* [Sports marketing], Moscow, Alpina, 705p.

2. Ferrand, A, Chaplet, J.-L, Seguin, B. (2013), *Olimpijskij marketing* [Olympic marketing], Moscow, Read Media, 352 p.

3. Lovelock, K. (2005), *Marketing uslug: personal, tekhnologii, strategii Marketing uslug: personal, tekhnologii, strategii* [Marketing services: personnel, technology, strategies], Moscow, Williams, 453 p.

4. Alekseev, S. V. (2015), *Sportivnyj marketing. Pravovoe regulirovanie* [Sports marketing. Legal

правления развития маркетинга на рынке услуг, *Научные труды БГЭУ*, 2019, С. 146–150.

6. Абаев, А. Л. (2019), *Маркетинг в отраслях и сферах деятельности: учебник*, Москва, Альпина, 433 с.

7. *Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2020*, Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/c68/c68ec3c1ac53374bedc363044769f2c1.pdf/. – Дата доступа: 15.03.2021.

8. *Заповедные территории Беларуси* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.zapovednytur.by/zelenyj-turizm/ekologicheskie-tropy.html. – Дата доступа: 01.05.2021.

9. *Государственная программа развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2021–2025 годы* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/C22100054_1612386000.pdf. – Дата доступа: 20.04.2021.

10. *Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 16.12.2010 N 58 «Об утверждении Инструкции о порядке разработки, обустройства и использования экологических троп на особо охраняемых природных территориях»* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/W21328090_1385499600.pdf. – Дата доступа: 20.04.2021.

11. *Десять экотроп Беларуси* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://34travel.me/gotobelarus/post/10-ekotrop-belarusi. – Дата доступа: 01.05.2021.

regulation. Textbook], Moscow, Unity-Dana, 648 p.

5. Demchenko, E. V. (2019), Conceptual directions of marketing development in the service market [Konceptual'nye napravleniya razvitiya marketinga na rynke uslug], *Scientific works of BSEU*, 2019, pp. 146–150.

6. Abaev, A. L., Aleksunin, V. A. (2019), *Marketing v otraslyah i sferah deyatel'nosti: uchebnik* [Marketing in industries and spheres of activity: textbook], Moscow, Alpina, 433 p.

7. *Statistical Yearbook of the Republic of Belarus, 2020* (2021), available at https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/c68/c68ec3c1ac53374bedc363044769f2c1.pdf (accesed 15 March 2021).

8. *Reserved territories of Belarus* (2021), available at http://www.zapovednytur.by/zelenyj-turizm/ekologicheskie-tropy.html (accesed 1 May 2021).

9. S*tate program for the development of physical culture and sports in the Republic of Belarus for 2021–2025* (2021), available at https://pravo.by/upload/docs/op/C22100054_1612386000.pdf (accesed 1 May 2021).

10. *Resolution of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus of 16.12.2010 N 58 "On the approval of the Instruction on the procedure for the development, arrangement and use of ecological paths in specially protected natural areas"* (2021), available at https://pravo.by/upload/docs/op/W21328090_1385499600.pdf (accesed 20 April 2021).

11. *Ten eco-trails of Belarus* (2021), available at https://34travel.me/gotobelarus/post/10-ekotrop-belarusi (accesed 1 May 2021).

Статья поступила в редакцию 27. 08. 2021 г.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ: СУЩНОСТЬ И АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ

REGIONAL ENTREPRENEURIAL ECOSYSTEMS: ESSENCE AND ALGORITHM OF FORMATION

УДК 332.142.2

М.А. Слонимская*, Н.А. Дубко
Полоцкий государственный университет

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-161-178

M. Slonimska*, N. Dubko
Polotsk State University

РЕФЕРАТ

ЭКОСИСТЕМА, ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКАЯ ЭКОСИСТЕМА, РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ, СТЕЙКХОЛДЕРЫ, ЭЛЕКТРОННЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Актуальность исследования предопределяется необходимостью поиска направлений развития предпринимательства в регионах Республики Беларусь в современных условиях с учетом зарубежного опыта. В статье проанализированы происхождение и сущность концепции предпринимательской экосистемы, представлены подходы к определению ее структуры и взаимосвязи с кластерной концепцией регионального развития. Авторы предлагают алгоритм формирования региональной предпринимательской экосистемы с учетом результатов социологического исследования факторов и барьеров на пути развития сотрудничества предпринимателей с основными региональными стейкхолдерами, проведенного в Витебской области. Сделан вывод о роли университетов как ключевых стейкхолдеров в формировании региональной предпринимательской экосистемы.

ABSTRACT

ECOSYSTEM, ENTREPRENEURIAL ECOSYSTEM, REGIONAL DEVELOPMENT, STAKEHOLDERS, ELECTRONIC PLATFORMS

The relevance of the study is predetermined by the need to search for directions for the development of entrepreneurship in the regions of the Republic of Belarus in modern conditions, taking into account foreign experience. The article analyzes the origin and essence of the concept of the entrepreneurial ecosystem, presents approaches to determining its structure and the relationship with the cluster concept of regional development. The authors propose an algorithm for the formation of a regional entrepreneurial ecosystem, taking into account the results of a sociological study of factors and barriers to the development of cooperation between entrepreneurs and the main regional stakeholders, conducted in the Vitebsk region. A conclusion is made about the role of universities as key stakeholders in the formation of a regional entrepreneurial ecosystem.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие цифровых технологий, повышение объема доступной информации и скорости получения данных привело к росту уровня неопределенности и динамизма внешней среды, обнаружилось,что иерархичные системы,с их замкнутым контуром и вертикальной субординацией, не справляются с этой новой средой и объективно вытесняются неиерархичными сетевыми системами, построенными на горизонтальных связях и более сложном способе их координации [1]. В этих условиях растет роль совместного участия различных стейкхолдеров, заинтересованных в реализации потенциала конкретной отрасли, территории на основе использования современных информационных технологий. Такая среда определяется как «предпринимательская экосистема» и включает в себя множество субъектов с различными задачами и видами деятельности. Качество предпринимательской экосистемы и постоянные усилия по ее улучшению – это то, что отличает быстрорастущие инновационные

* E-mail: *m.slonimskaya@psu.by* (M. Slonimska)

экономики от менее успешных.

Любая предпринимательская экосистема состоит из взаимосвязанных участников и факторов, которые создают динамичный набор условий, которые пытаются стимулировать создание и развитие бизнеса в определенной географической области. С 2016 года, как отмечает Эдвард Дж. Малецки, концепция предпринимательской экосистемы стала доминирующей концепцией поддержки развития предпринимательства и регионального развития [2, с. 2].

Таким образом, трансформация регионов Республики Беларусь в территории с быстрорастущей инновационной экономикой, основанной на знаниях и полном использовании современных инновационных технологий, требует усилий по формированию предпринимательской экосистемы. Несмотря на значительное количество научных публикаций в данной сфере механизм формирования региональной предпринимательской экосистемы в условиях Республики Беларусь требует более глубокого исследования. Цель исследования, представленного в данной статье, – обосновать алгоритм формирования предпринимательских экосистем в регионах Республики Беларусь с учетом сложившихся здесь специфических факторов и барьеров развития предпринимательства. Цель предопределила решение следующих задач:

– изучить генезис и сущность понятия «предпринимательская экосистема», структуру и подходы к формированию региональных предпринимательских экосистем, связь концепции предпринимательской экосистемы с другими концепциями регионального развития;

– выявить факторы и барьеры развития предпринимательства в регионах Республики Беларусь на примере Витебской области;

– предложить алгоритм формирования региональных предпринимательских экосистем с учетом условий развития предпринимательства в регионах Республики Беларусь.

Теоретической и методологической базой исследования послужили научные труды в области экосистемной концепции развития предпринимательства и регионального развития Дж. Мура, Д. Айзенберга, Э. Стама, Ф. Ауэрсвальда, Э. Малецкого и др.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для целей исследования использовались методы сравнительного анализа, исторический и абстрактно-логический, методы социологического исследования (глубинных интервью и выборочного опроса предпринимателей региона).

1. Концепция региональной предпринимательской экосистемы: генезис и направления развития

В 1993 году Джеймс Э. Мур впервые применил концепцию экосистемы из биологии к теории развития бизнеса и предложил «рассматривать компанию не как члена одной отрасли, а как часть бизнес-экосистемы, охватывающей множество отраслей» [3, с. 76]. В своей статье «Хищники и жертвы: новая экология конкуренции» он показал, как успешные инновационные компании формируют внешнюю среду, которая поддерживает внедрение и развитие их инновационных продуктов, выделяя четыре стадии развития бизнес-экосистемы – рождение, расширение, лидерство и обновление. Если инновационная компания не сформирует такую среду, то, по мнению Д. Э. Мура, она будет вытеснена представителями другой экосистемы [3, с. 86]. В качестве одного из наиболее успешных примеров развития своей бизнес-экосистемы Д.Э. Мур называет фирму Apple, которая сформировала единое пользовательское пространство для своих клиентов, предоставив им удобный доступ к множеству услуг.

В 1996 году он развил свои идеи в книге «Смерть конкуренции: лидерство и стратегия в век бизнес-экосистем» [4]. Он описал структуру бизнес-экосистемы как экономического сообщества, в которое входят поставщики, ведущие производители, конкуренты и другие заинтересованные стороны, которые со временем меняют свои возможности и роли и стремятся соответствовать направлению, заданному одной или несколькими центральными компаниями. Функция лидера экосистемы позволяет участникам двигаться к общему видению, согласовывать свои инвестиции и находить взаимоподдерживающие роли [4, с. 26].

В 2006 году в статье «Бизнес-экосистема и взгляд на нее с точки зрения фирмы» Д.Э. Мур определил термин «бизнес-экосистема» как «специально созданное сообщество экономических субъектов, чья индивидуальная деятельность в некоторой степени определяет судьбу всего сообщества в целом», а также как сеть занимаемых организациями взаимозависимых ниш, которые могут быть «открыты» для всего мира потенциальных вкладчиков и творческих участников [5, с. 3].

Д.Э. Мур назвал экосистемы одной из организационных форм бизнеса наряду с рынками и иерархиями, утверждая, что «рынки, иерархии и экосистемы являются тремя столпами современного делового мышления и должны обеспечивать основу политики в области конкуренции, регулирования и антимонопольных действий» [5, с. 1]. В данном утверждении понятие «экосистема» пересекается с понятием «сетевая форма организации». У. В. Пауэлл в работе «Ни рынок, ни иерархия: сетевые формы организации» [6], вышедшей в 1990 году, провел сравнение различных форм организации экономической деятельности, выделив наряду с рыночной и иерархической сетевую, которой, по его мнению, свойственны взаимовыгодные модели коммуникаций и обменов.

Начало научной дискуссии о смысловом содержании понятия «сетевая форма организации» в экономической науке было связано с выходом в 1937 году работы Р. Коуза «Природа фирмы» [7]. Р. Коуз впервые объяснил преимущества иерархической организации управления в рамках фирмы с точки зрения издержек на координацию процессов по сравнению с ценовым механизмом регулирования трансакций в условиях свободного рынка. Он ввел в оборот термин «трансакционные издержки» и относил к ним издержки использования ценового механизма на рынке. Позже к ним стали также относить некоторые внутрифирменные издержки.

Актуальность развития теории организации экономической деятельности и трансакционных издержек начала расти в 70-х годах XX века с расширением практики аутсорсинга и специализации бизнеса. Возникла необходимость адаптации существующих организационных форм взаимодействия предприятий, осуществляющих комплементарные виды деятельности. Формирование новой организационной формы бизнеса в виде управляемой экосистемы Д.Э. Мур связывает с развитием автомобильной промышленности в первой трети двадцатого века, отмечая роль в данном процессе Пьера Дюпона и Альфреда Слоана-младшего. Для того, чтобы автомобили были удобны в использовании для клиентов, требовалось множество комплементарных услуг и производств, включая дороги, автозаправочные станции, производство стали, запасных частей, шин и шасси. Дж. Б. Ричардсон в работе «Организация промышленности» [8], которая была опубликована в 1972 году, указал на три возможных варианта координации комплементарных видов деятельности: управление, кооперация и рыночные трансакции. Под кооперацией при этом он понимал «согласованное планирование связанных видов деятельности двумя и более независимыми организациями» [8, с. 890]. Дж. Б. Ричардсон дополняет два варианта координации деятельности экономических субъектов, отмеченных Р. Коузом, – иерархическое управление и ценовой механизм, третьим – кооперация независимых субъектов хозяйствования, который можно считать прообразом сетевой формы организации экономической деятельности, а также экосистемного подхода к управлению бизнесом.

О. Уильямсон в своей работе 1973 года «Рынки и иерархии: некоторые размышления» [9] провел анализ природы трансакционных издержек и указал на необходимость развития «квазирыночной» формы координации экономической деятельности в случае возникновения «трения» в рыночных и иерархических механизмах [9, с. 316]. О. Уильямсон предлагает дополнить иерархический и рыночный механизмы управления, которые находятся на противоположных полюсах организационного спектра, «гибридной» или промежуточной формой управления, к которой он относит различные виды долгосрочных контрактов, взаимовыгодных обменов и договоры франчайзинга. Термин «гибридная форма управления» по смысловому содержанию совпадает с понятием «сетевая форма организации», которое стало активно обсуждаться в 90-х годах XX века.

Таким образом, экосистемный подход к организации бизнеса, определенный Д.Э. Муром, пересекается по содержанию с сетевой формой организации экономической деятельности, выделенной У.В. Пауэллом, с точки зрения их противопоставления рыночной и иерархической. Обе организационные формы управления имеют преимущества в условиях необходимости координации разнообразных комплементарных видов деятельности при передаче их на аутсорсинг. Однако в сетевой форме организации экономической деятельности авторами делается акцент на снижение трансакционных издержек, а в экосистеме – на повышение эффективности деятельности инновационной компании.

Современный тренд развития бизнес-экосистем стал заметен в конце двадцатого века и стал актуальным направлением деятельности для высокотехнологичного компьютерного бизнеса. Важную роль развития экосистем для бизнеса отметила в интервью журналу «Коммерсант» глава российской практики Accenture Technology Мария Григорьева: «В долгосрочной перспективе каждой компании нужно будет создать собственную экосистему, присоединиться к существующей либо умереть. Выиграть в одиночку против объединившихся в единую систему игроков почти нереально» [10].

Термин «предпринимательская экосистема» предложил использовать Даниэль Айзенберг. Статья, которую он опубликовал в 2011 году, так и называлась: «Знакомство с экосистемой предпринимательства: четыре определяющие характеристики» [11]. В качестве характеристик экосистемы предпринимательства Д. Айзенберг выделяет следующие:

1) каждая предпринимательская экосистема уникальна и является результатом сотен элементов, взаимодействующих сложным и своеобразным образом;

2) множество элементов предпринимательской экосистемы можно объединить в шесть групп: благоприятная культура, стимулирующая политика и лидерство, наличие соответствующих финансов, качественный человеческий капитал, рынки и спектр институциональной и инфраструктурной поддержки, благоприятные для венчурного предпринимательства;

3) не имеет смысла говорить об общих причинах развития предпринимательских экосистем, часто один или два более или менее случайных успешных события могут стать причиной такого развития;

4) усиливающиеся взаимосвязи между шестью группами элементов предпринимательской экосистемы позволяют значительно снизить усилия органов управления по их развитию, поэтому региональные программы поддержки развития предпринимательства должны быть сосредоточены на обеспечении устойчивости бизнес-среды.

В 2014 году термин «предпринимательская экосистема» был озвучен на Всемирном конгрессе предпринимателей: «Предпринимательская экосистема предполагает сотрудничество и продуктивные отношения между различными организациями. Во многих странах эти отношения устанавливаются между стартапами, устоявшимися компаниями, университетами и исследовательскими учреждениями. В динамичной экосистеме люди и идеи перемещаются между этими организациями, создавая новые предприятия, присоединяясь к уже существующим и связывая инновации» [12].

В 2015 году Эрик Стам добавил к шести группам элементов предпринимательской экосистемы, выделенных Д. Айзенбергом, еще два – сети и знания, делая акцент на ведущие местные университеты, как ключевые факторы и катализаторы формирования региональной предпринимательской экосистемы [13, с. 1763].

В последнее время большая часть исследований в сфере формирования предпринимательских экосистем сосредоточена на университетах как на их центральных участниках. Как отмечает Луиза Карвалью, предпринимательские экосистемы обычно появляются там, где есть активы, привязанные к конкретному месту, и университеты входят в число таких активов [14, с. 7]. Важную роль университетов демонстрирует пример региона Лахти (Финляндия), где экосистема знаний, инноваций и предпринимательства представляет собой эффективную среду для практических инноваций, создаваемую университетами и другими исследовательскими подразделениями [15, с. 636]. Веса Хармаакорпи и Сату Ринкинен называют университеты наиболее гибким элементом инновационной среды, который позволяет лучшим образом использовать знания и результаты исследований для развития платформ и стартапов в регионе [15, с. 641].

Одним из базовых условий формирования сетевых связей в рамках предпринимательских экосистем, на который также обращают внимание многие исследователи, являются инициативы по созданию доверия [16, 17]. Доверие является важнейшим аспектом организационной готовности, которая требуется для увеличения шансов на участие в сетях юридически независимых партнеров для облегчения обмена ресурсами, знаниями и компетенциями и, в свою очередь, для облегчения сотрудничества организаций. Доверие может выступать в качестве замены механизмов управления, которые в настоящее время требуют значительных затрат времени и средств. Благодаря доверию предприниматели могут формировать различные типы связей для получения технологической поддержки и других финансовых выгод, эти связи включают в себя: сотрудничество с крупными организациями, формирование сетей малых и средних предприятий аналогичного типа фирм и связи с университетами и институтами.

Филип Ауэрсвальд в своей книге «Поддержка предпринимательских экосистем» отметил, что традиционные инструменты политики поддержки предпринимательства, такие как налоговые льготы, гранты и местные нормативные акты, мало влияют на жизнеспособность предпринимательских экосистем [18, с. 13]. Он сформулировал и обосновал следующие рекомендации по поддержке их развития:

1) снижайте предпочтения к действующим игрокам: политика и нормативные акты, благоприятствующие существующим, доминирующим компаниям, создают барьеры для входа на рынок новых фирм и ограничивают конкуренцию;

2) слушайте предпринимателей: вместо того, чтобы разрабатывать политику, абстрактно направленную на исправление «сбоев рынка», директивным органам следует лично привлекать местных предпринимателей к разработке и реализации практической политики, направленной на поощрение динамизма, роста разнообразия и стимулирование «метаболической» деятельности, такой как исследование идей, разработка продуктов и увеличение скорости потока сделок;

3) составьте карту экосистемы: создание открытых и надежных связей между членами предпринимательских сообществ и теми, кто будет поддерживать и развивать их усилия, создает контекст, в котором можно отобразить предпринимательскую экосистему;

4) думайте масштабно, начинайте с малого, двигайтесь быстро: это простое правило, применимое к предприятиям, также справедливо для стратегий, направленных на создание местных предпринимательских экосистем, чтобы быть эффективными, такие стратегии должны быть направлены на сферы, имеющие потенциал для успеха, и ориентированы на их быстрое развитие;

5) избегайте искусственного сегментирования сообщества или стратегий: предприниматели и члены предпринимательских сообществ являются активными участниками целого ряда мероприятий, таких как создание новых компаний, инвестирование и/или консультирование стартапов, наставничество предпринимателей, обучение в формальных условиях, работа в крупных корпорациях над исследованиями, развитие рынка, предоставление таких услуг, как юридические или бухгалтерские услуги для предпринимателей, поэтому необходимо учитывать, что участники предпринимательских экосистем будут играть несколько ролей, и постараться максимально полно использовать разносторонние уникальные навыки членов сообщества;

6) будьте готовы извлечь выгоду из кризисов: экономические потрясения создают возможности для предпринимательства, и к этому необходимо быть готовыми.

Концепция предпринимательской экосистемы связана с такими концепциями регионального развития, как промышленные кластеры, промышленные районы, обучающиеся регионы и модель тройной спирали взаимодействия промышленности, правительства и университетов [13, с. 1761]. Все эти системы обладают следующими характеристиками: набор элементов; наличие взаимодействия между элементами и наличие общей целевой функции. Д. Айзенберг называет подход предпринимательских экосистем «предварительным условием» для успешной разработки кластерных стратегий и инновационных систем [11, с. 13].

Формирование экосреды сетевых организаций непосредственно связано с формированием кластеров на основе группы предприятий, производящих продукцию, в конкурентоспособности которой реализуются конкурентные преимущества региона [19]. Концепция «умной специализации» (smart specialisation) была сформулирована экспертной группой Европейской комиссии «Знание для роста» (Knowledge for Growth) в качестве стратегии инновационного развития регионов, предполагающей наиболее эффективное использование их особенностей и развитие конкурентных преимуществ [20]. Под стратегией «умной специализации» понимается национальная или региональная стратегия инновационной деятельности, которая устанавливает приоритеты, нацеленные на получение конкурентных преимуществ путем развития собственного научного и инновационного потенциала в соответствии с потребностями бизнеса, чтобы в полной мере использовать возникающие возможности и тенденции рынка, не допуская при этом дублирования и фрагментации усилий [21]. Разработка стратегии в соответствии с концепцией «умной специализации» предполагает тесные связи и обмен знаниями между различными региональными подсистемами, прежде всего, – между бизнесом и властью. Э. Караяннис и Э. Григорудис предлагают использовать «четырехзвенную» модель для разработки стратегий «умной специализации» [22].

Таким образом, стратегия «умной специализации» устанавливает приоритеты инновационной деятельности, нацеленные на получение конкурентных преимуществ региона, сфокусированных на производительности и инновациях, как ключевых факторах конкурентоспособности. Также большое значение уделяется роли регионов в извлечении выгоды из преимуществ, обусловленных связями между ними.

Одно из направлений развития современных экосистем – использование единой цифровой среды, которая помогает заменить конкуренцию сотрудничеством [23]. В настоящее время страны ЕС и европейские регионы стремятся адаптировать свои инновационные системы к тенденциям Индустрии 4.0, и Европа в целом сталкивается с проблемой поиска баланса между продвижением исследований и передового опыта в области инноваций и предоставлением менее продвинутым регионам возможности извлекать выгоду из продолжающейся индустриальной революции [24, с. 1].

Марта Гётц и Барбара Янковска показали, что механизмы и функции, предоставляемые региональными кластерами, хорошо согласуются с особенностями Индустрии 4.0, промышленного Интернета и интегрированной индустрии. И, как они пришли к выводу, реализация концепции Индустрии 4.0 превращает кластеры в «территориально неограниченные и нейтральные по отношению к местоположению платформы сотрудничества» [25, с. 388]. В рамках модели Индустрия 4.0 конкурентоспособность и преимущества предприятий возникают не столько из собственных активов, сколько из характеристик цифровой экосистемы, частью которой они являются [26, с. 64].

По мнению Паоло Спаньолетти, Андреа Реска и Гванху Ли, цифровые платформы должны поддерживать три типа социального взаимодействия: обмен информацией, сотрудничество и коллективные действия [27, с. 1]. Во-первых, необходимо создать ресурс электронной платформы, доступный для всех, и разрешить бесплатное участие. Это может стимулировать различных потенциальных участников предпринимательской экосистемы в регионе к общению и укреплению доверия. Затем участники могут следовать правилам и участвовать в совместной деятельности в области открытых инноваций, которая требует существенной групповой координации. На третьем этапе цифровые платформы могут поддерживать онлайн-сообщества, ориентированные на коллективные действия. Они должны привлекать доверенных членов небольших и тесно связанных сообществ к обмену информацией и обеспечивать механизмы координации.

Таким образом, по результатам обзора литературы можно сделать следующие выводы:

– бизнес-экосистема и сетевая организация бизнеса являются формами экономической деятельности, которые позволяют лучшим образом организовать комплементарные виды деятельности, позволяя снизить трансакционные издержки и повысить эффективность внедрения инноваций, для успешного формирования подобных структур необходима лидирующая инновационная компания;

– предпринимательские экосистемы направлены на поддержку стартапов на определенной территории, она включает благоприятную культуру, стимулирующую политику и лидерство, наличие соответствующих финансов, качественный человеческий капитал, рынки и спектр институциональной и инфраструктурной поддержки, благоприятные для венчурного предпринимательства, сетевые связи между всеми участниками и знания, генерируемые научно-исследовательскими организациями и университетами. Университеты играют ключевую роль в формировании региональных предпринимательских экосистем;

– электронные платформы играют важную роль в развитии региональных предпринимательских экосистем в условиях четвертой промышленной революции.

2. Оценка факторов и барьеров для развития региональной предпринимательской экосистемы на примере Витебской области Республики Беларусь

Как показывает сравнительная динамика числа субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП) в Витебской области и Республике Беларусь в целом, на территории области сложились менее благоприятные условия для развития предпринимательства, чем в среднем по стране. Как видно по данным, представленным на рисунке 1, в целом по Республике Беларусь за 2015–2020 гг. количество микро-, малых и средних предприятий, а также индивидуальных предпринимателей увеличилось на 4,9 %, в Витебской области за этот же период их число сократилось на 11,3 %.

Один из основных показателей, характеризующих уровень предпринимательской активности населения определенной территории, – это количество микро-, малых, средних предприятий и индивидуальных предпринимателей на 1000 жителей. Ориентируясь на значение данного показателя в разрезе отдельных областей Республики Беларусь (таблица 1), можно сделать вывод о том, что территория Витебской области отличается по данным на начало 2021 года наиболее низкой предпринимательской активностью населения по сравнению с остальными регионами страны, хотя на начало 2013 года ситуация в данной сфере здесь была лучше, чем в Гомельской и Могилевской областях. За 2013–2000 гг. количество предпринимательских структур в Витебской области изменилось незначительно.

Таким образом, определение факторов и ба-

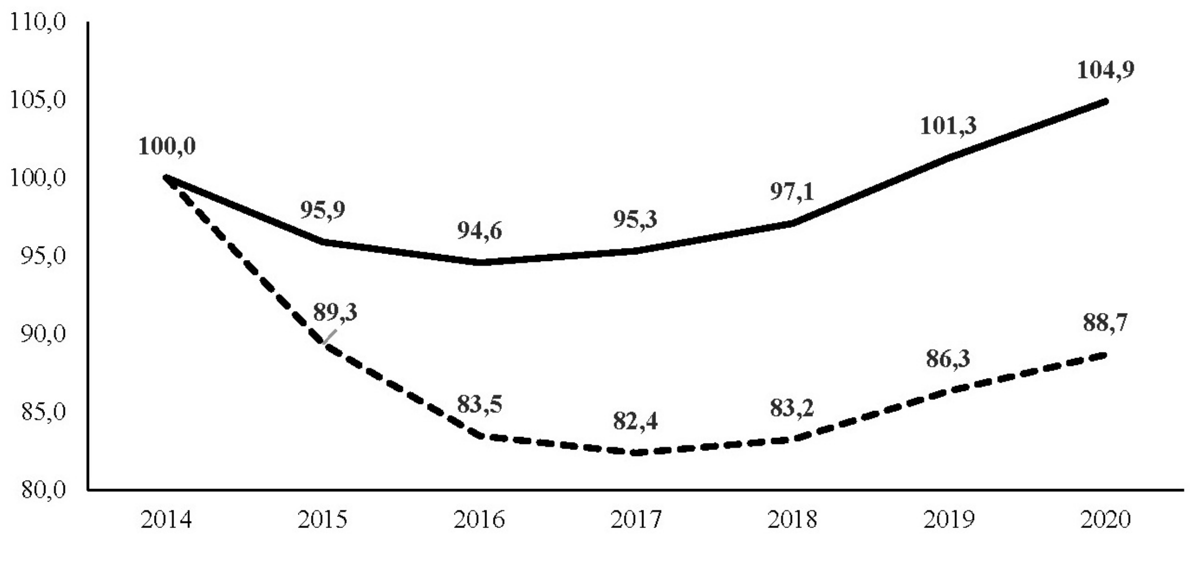


Рисунок 1 – Темпы роста числа микро-, малых, средних предприятий и индивидуальных предпринимателей в Витебской области и Республике Беларусь в % к 2014 году

Источник: составлено авторами на основе [28, с. 321; 335].

Таблица 1 – Уровень предпринимательской активности населения и его изменение за 2015–2020 гг. в разрезе регионов Республики Беларусь

	Количество микро-, малых, средних предприятий и индивидуальных предпринимателей на 1000 жителей на 1.01.2013 г.	Количество микро-, малых, средних предприятий и индивидуальных предпринимателей на 1000 жителей на 1.01.2021 г.	Изменение количества микро-, малых, средних предприятий и индивидуальных предпринимателей на 1000 жителей за 2013–2020 гг.
Республика Беларусь	35,2	40,7	5,5
Брестская обл.	33,1	34,6	1,5
Витебская обл.	28,8	28,9	0,1
Гомельская обл.	25,5	29,1	3,6
Гродненская обл.	33,2	35,2	2,0
г. Минск	52,7	63,0	10,3
Минская обл.	35,4	44,3	8,9
Могилевская обл.	28,6	33,9	5,3

Источник: составлено авторами на основе [28, с. 62; 321; 335].

рьеров развития предпринимательской экосреды является актуальной задачей для региона. Для того чтобы выявить возможности и определить приоритетные направления развития малого и среднего бизнеса Витебской области, как основы развития региональной экономики, общественное объединение «Ассоциация нанимателей и предпринимателей» Витебской области как региональный партнер Исследовательского центра ИПМ при участии авторов провело региональное исследование в рамках проекта международной технической помощи «Развитие «Кастрычніцкага эканамічнага форуму», зарегистрированного в базе данных проектов и программ международной технической помощи Министерства экономики Республики Беларусь 20 июля 2016 года под регистрационным номером № 2/16/000810. Цель Проекта – повышение потенциала белорусских организаций гражданского общества в продвижении ответственной экономической политики на местном и национальном уровнях.

Опрос руководителей малых и средних предприятий (МСП) проводился методом глубинных интервью (21 респондент) и методом структурированного анкетного опроса (400 респондентов). Указанный объем выборки позволил получить результаты с достоверностью 95 % и точностью не менее, чем ±5 %. Глубинные интервью проводились в июле-августе 2018 года, анкетный опрос – в феврале-августе 2019 года.

Респонденты, опрошенные методом глубинных интервью, являлись руководителями МСП, расположенных в шести населенных пунктах Витебской области: 12 – в областном центре, 4 – в городах Полоцк и Новополоцк, 2 – в г.п. Шумилино, по одному – в г. Орша, г. Глубокое и Витебском районе. По виду деятельности респонденты распределились следующим образом: в производственной сфере – 13 (машиностроение, приборостроение, швейная и пищевая), в сфере услуг – 8 (ИКТ, логистика, СТО, медицинские и туристические услуги, услуги по проживанию и питанию). Были опрошены 11 членов ОО «Ассоциации нанимателей и предпринимателей» Витебской области и 10 руководителей (владельцев бизнеса), не являющихся членами данной организации.

Выбор респондентов для проведения структурированного анкетного опроса осуществлялся методом случайной выборки из перечня предприятий, размещенных в национальном бизнес-справочнике о товарах и услугах «Бизнес-Беларусь 2018», стратифицированной по количеству МСП в районах и городах Витебской области. Планируемая структура выборки была частично изменена в связи с отказом отдельных респондентов участвовать в опросе.

По месту нахождения предприятий респонденты распределились следующим образом: 175 (43,8 %) – г. Витебск, 83 (20,8 %) – г. Полоцк и г. Новополоцк, 34 (8,5 %) – г. Оша, 108 (26,9 %) – сельская местность и другие районные центры области. По виду деятельности были представлены предприятия оптовой и розничной торговли – 89 (22,2 %), осуществляющие производственную деятельность – 70 (17,5 %), оказывающие бытовые услуги населению – 49 (12,3 %), транспортные услуги – 42 (10,5 %), услуги гостиниц и ресторанов – 32 (8 %), строительство и проектирование объектов – 31 (7,8 %), работающие в сфере сельского, лесного хозяйства и рыбоводства – 27 (6,7 %), информационных технологий – 15 (3,7 %), туризма и агротуризма – 8 (2 %), здравоохранения – 6 (1,5 %), а также другие виды деятельности – 31 (7,8 %).

В числе опрошенных 308 (77 %) руководителей микроорганизаций (численность работающих до 15 человек), 85 (21,2 %) – малых организаций (численность работающих от 16 до 100 человек включительно) и 7 (1,8 %) – средних организаций (численность работающих от 101 до 250 человек). Респонденты различаются по опыту работы на рынке Витебской области – 9 (2,3 %) из них работают до 1 года, 49 (12,3 %) – от 1 года до 3 лет, 73 (18,2 %) – от 3 до 5 лет, 113 (28,2 %) – от 5 до 10 лет, 148 (37 %) – более 10 лет, 8 (2 %) респондентов не указали, сколько лет их предприятие работает на рынке.

Опрос не выявил каких-либо официальных сетей МСП в форме консорциумов или временных структур в Витебской области. Но некоторые респонденты привели примеры взаимодействия между членами Ассоциации работодателей и предпринимателей. Например, глава туристической компании может обмениваться информацией с руководителем гостиницы, совместно планируя размещение туристов; руководители стоматологических компаний могут проводить совместное обучение персонала, совместно арендуя комнату и приглашая специалистов из-за рубежа.

По результатам опроса, около половины респондентов считают, что им необходимо сотрудничество с партнерами, и важно развивать различные формы сотрудничества. Как отметил в ходе интервью один из респондентов: «Мы теряем миллионы из-за того, что слишком мало сотрудничаем и общаемся. Не должно быть недостатка в информации. Нам необходимо разработать программу сотрудничества на основе ИКТ».

Около 20 % респондентов не считают целесообразным использование какого-либо сотрудничества с другими предприятиями для развития собственного бизнеса, они прокомментировали свое мнение следующим образом: «Мы сами производим комплектующие, и в силу специфики нашей деятельности для нас такие формы взаимодействия не актуальны»; «Для нашего бизнеса это неприемлемо. Для других малых предприятий это может подойти. Например, фермеру, производящему 20 литров молока, может быть удобно объединить его с другими и заказать одну цистерну на 200 литров. Или для тех, кто производит идентичные товары, должна быть возможность также развивать один бренд. Колхоз добровольный; мы уже сталкивались с этим. Мы личности, у нас свои подходы»; «Сейчас в нашей сфере деятельности, если что-то непонятно, то можно обратиться в Интернет и все найти»; «Сотрудничество для нашей компании крайне ограничено».

Около 30 % респондентов затрудняются ответить по поводу полезности проектов для развития взаимодействия между предпринимателями: «Важно, чтобы сотрудничающие малые предприятия вели себя корректно. «Когда я работаю вместе с кем-то, есть риск, что моих клиентов отберут. У нас нет этой культуры. Если есть люди, которым можно доверять, то с ними можно работать»; «Мы думали об этом, чтобы работать в кооперации с несколькими стартапами, но меня никто не поддержал. Кроме того, кто-то должен нести за это ответственность»; «Я считаю, что это нереально. Все это здорово и все эти точки в разряде разных сфер имеют право на существование, но есть проблема с нашим менталитетом. Все эти моменты «спотыкаются» из-за недостатка доверия. Наша психология такова, что никто никому не доверяет».

Респондентам было предложено оценить степень полезности для их бизнеса отдельных форм кооперации и сетевого взаимодействия.

Как показал анализ зарубежного опыта в данной сфере [29], к таким формам можно отнести следующие:

– создание закупочных групп (GPO – group purchasing organizations) – это установление взаимного сотрудничества между несколькими предприятиями, которые взаимно генерируют спрос или совершают совместные покупки с помощью одной из компаний, принадлежащей ассоциации. Иначе закупочные группы – это ассоциации субъектов-покупателей, которые позволяют достичь эффекта масштаба за счет объединения потребностей покупателей в один общий заказ. Целью создания закупочных групп является возможность достижения большего воздействия при согласовании условий сотрудничества, логистики и покупки товаров по значительно более низким ценам. Закупочные группы создаются, как правило, малыми и средними компаниями, которые, действуя самостоятельно, не могут получить хорошие условия сотрудничества с поставщиками. Это может оказаться идеальным путем к снижению стоимости ведения бизнеса, что особенно важно при масштабной и сильной конкуренции на рынке;

– коллективный товарный знак предназначается для информирования потребительского рынка об определенных свойствах продуктов или услуг, выпускающихся или осуществляющихся под ним. Товарные знаки этой категории обычно являются собственностью ассоциаций или групп компаний (организаций). При этом каждый участник такой группы (ассоциации) имеет право использовать обозначение, с помощью которого выделяют товар или услугу, представленную на рынке. Использование коллективного товарного знака одним из предприятий ассоциации возможно только в том случае, если будет соблюден заданный стандарт качества товаров и условия использования товарного знака. В них указываются характеристики продукта, методы контроля за его качеством, а также санкции, которые будут применены, если товарный знак будет использоваться неправомерно. Любое из предприятий, вступивших в Ассоциацию, параллельно с использованием коллективного товарного знака может пользоваться и собственным товарным знаком;

– интегрированная логистика предполагает объединение различных предприятий (промышленных, торговых, обслуживающих) в единые логистические системы. Благодаря интеграции можно обеспечить быстрые, своевременные и низкозатратные поставки товаров потребителям. Интегрированная логистика предполагает совместное использование услуг логистического посредника, который обеспечивает синхронизацию информации в процессе решения общих задач партнеров, что позволяет, например, консолидировать запасы группы МСП в логистическом центре и использовать общую систему управления запасами;

– кооперация для продвижения продукции на внешний рынок и разработки совместной стратегии интернационализации используется малым бизнесом с целью приобретения технологий, быстрого выхода на новый рынок, содействия международной экспансии и сбора информации об иностранных рынках через международных стратегических партнеров.

Результаты оценки респондентами степени полезности для их бизнеса перечисленных форм кооперации и сетевого взаимодействия представлены на рисунке 2.

Респондентов спрашивали, может ли какая-либо конкретная форма межфирменного сотрудничества быть полезной для развития их бизнеса. Как показано на рисунке 3, наиболее полезным типом сотрудничества для МСП, по мнению респондентов, была совместная логистика, а наименее полезным для них – коллективные товарные знаки. Следует отметить, что более трети опрошенных руководителей МСП затруднились ответить на этот вопрос, поскольку не знакомы с какими-либо формами сетевого сотрудничества между МСП.

По мнению респондентов, проблемами, сдерживающими развитие сотрудничества МСБ в Витебской области, являются отсутствие информации о потенциальных партнерах (отметили 76,8 % респондентов), низкий уровень доверия между предпринимателями (76 %), отсутствие инфраструктуры и услуг для бизнеса – поддержка сотрудничества с сообществом (61 %).

Вывод о низкой степени готовности малого и среднего предпринимательства к сотрудничеству и кооперации в Витебской области подтверждают также результаты исследования Г. Яшевой

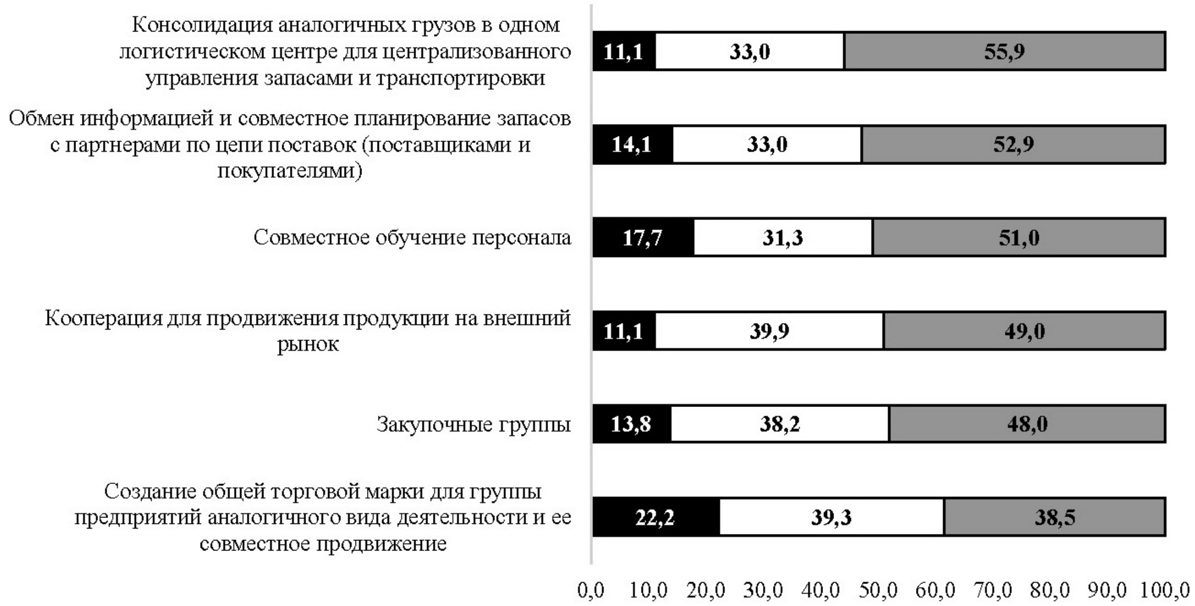


Рисунок 2 – Оценка респондентами степени полезности для их бизнеса отдельных форм кооперации и сетевого взаимодействия предпринимателей, в % к общему количеству респондентов, ответивших на вопрос

Источник: составлено авторами.

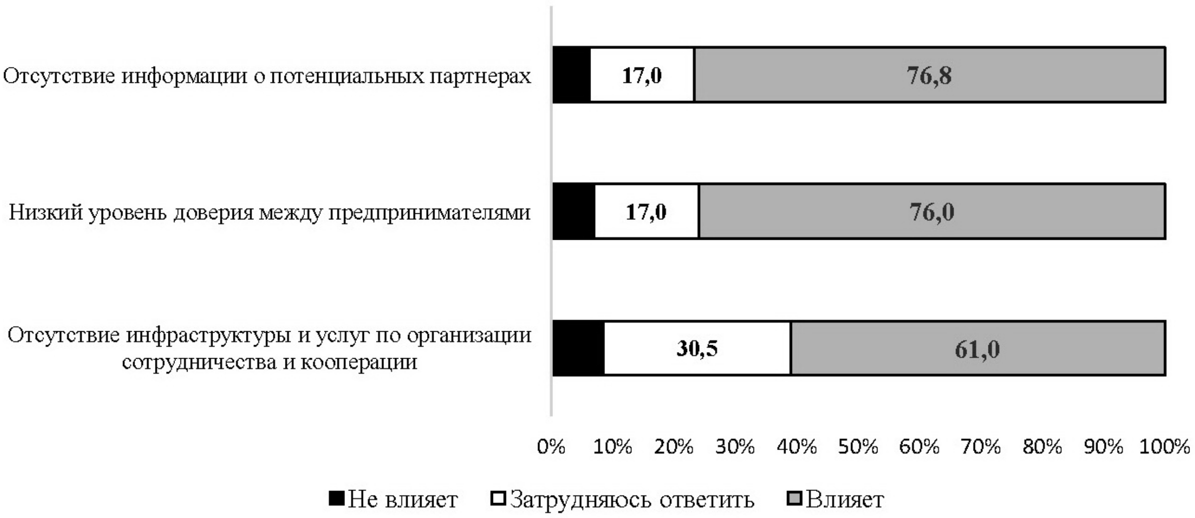


Рисунок 3 – Распределение респондентов по ответам на вопрос: «Считаете ли вы следующие виды сотрудничества полезными для развития вашего бизнеса?»

Источник: составлено авторами.

и Ю. Вайлуновой, проведенные в рамках апробации их методики оценки готовности малого и среднего предпринимательства к сотрудничеству в рамках кластера [30, 31].

Большинство опрошенных предпринимателей согласны с необходимостью создания электронной платформы для общения между самими предпринимателями и для общения предпринимателей с представителями местной власти (62,3 % и 62,9 % соответственно).

Таким образом, мероприятия по созданию предпринимательской экосистемы в Витебской области, в первую очередь необходимо ориентировать на обеспечение условий, позволяющих местным предпринимателям обмениваться необходимой информацией и формировать между ними доверие.

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Для повышения эффективности формирования сетевых связей важно создавать и использовать на региональном уровне инструменты взаимодействия государственных, научных, общественных и предпринимательских структур. Создание таких инструментов способствует согласованию интересов правительства и бизнеса, эффективному решению ряда задач при сокращении бюджетных расходов, аккумуляции инвестиционных ресурсов. В результате значительно облегчается возможность интеграции крупных предприятий с сектором малого и среднего предпринимательства, реализация инновационного потенциала малых предприятий, изыскание средств на стимулирование образования малых предприятий в периферийных и слабо развитых регионах.

Критическим фактором, определяющим возможность формирования региональной предпринимательской экосистемы, является наличие механизма консолидации регионального бизнес-сообщества (рисунок 4). В качестве такого механизма предлагается использовать ряд электронных платформ и новых элементов инфраструктуры поддержки предпринимательства при активном лидирующем участии региональных университетов, включая электронную платформу государственно-частного партнерства, центр компетенций по формированию сетевых связей, электронные платформы предпринимательских партнерских групп и интеллектуальную электронную платформу.

Электронная платформа государственно-частного партнерства (ГЧП) кроме традиционной задачи организации взаимодействия государства и бизнеса для решения общественно значимых задач на взаимовыгодных условиях позволяет организовать общение и обмен информацией предпринимателей региона, формируя доверие и обеспечивая согласование интересов по созданию предпринимательских партнерских групп.

К государственно-частному партнерству относят формы сотрудничества между государственными органами и частным сектором, направленные на обеспечение финансирования, строительства, реконструкции, эксплуатации, технического обслуживания объекта инфраструктуры и (или) управления им, а также на (или) оказание услуг [32, с. 8]. Государственно-частное партнерство позволяет решать многие экономические проблемы, в первую очередь, поиска альтернативных источников инвестиционных ресурсов и повышения эффективности управления [33, с. 4]. Подобная деятельность заметно активизировалась во многих странах мира с конца 90-х годов прошлого века. Методические рекомендации по созданию электронных платформ в рамках ГЧП, в частности, были разработаны международной неправительственной организацией «The Partnering Initiative» (TPI) на основе консультаций с экспертами от бизнеса, правительств и гражданского общества [34].

Предпринимательская партнерская группа – это новая для Республики Беларусь форма организации сетевых связей, направленная на консолидацию спроса субъектов малого и среднего бизнеса с целью снижения издержек на закупку товаров и услуг (включая услуги в сфере маркетинга, логистики и ИКТ), что способствует развитию деловых услуг, региональной логистической инфраструктуры и интегрированных цепей поставок.

Центр компетенций по формированию сетевых связей – это новый для Республики Беларусь объект инфраструктуры поддержки предпринимательства, представляющий собой группу специально подготовленных экспертов (юристы, специалисты в сфере информационных техноло-

Рисунок 4 – Дерево целей формирования региональной предпринимательской экосистемы

Источник: составлено авторами.

гий, менеджмента и маркетинга), осуществляющих консультации для предпринимателей, инициировавших создание предпринимательских партнерских групп.

Интеллектуальная электронная платформа – это новый объект инновационной инфраструктуры и новая форма организации сетевых связей для Республики Беларусь, обеспечивающая взаимодействие предпринимательских партнерских групп с научными учреждениями и вузами в процессе разработки и апробации необходимых им для эффективного функционирования программных продуктов на основе облачных технологий и других инновационных продуктов и услуг. Это аналог распространенных в ЕС «живых лабораторий». Это электронная платформа, предоставляющая для новаторов тестовую панель из потребителей, ее техническое обслуживание, инструменты моделирования бизнес-процессов и оценки опытных образцов.

С одной стороны, предлагаемая система электронных платформ и элементов инфраструктуры по поддержке развития региональных предпринимательских экосистем будет способствовать консолидации регионального бизнес-сообщества. С другой стороны, она также консолидирует спрос со стороны региональных МСП на высокотехнологичные услуги (информационно-коммуникационные, консалтинговые, маркетинговые и логистические), обеспечивая его платежеспособность и, соответственно, стимулируя внедрение технологий Индустрии 4.0. Важным условием, обеспечивающим возможность функционирования предлагаемой системы, является доступ к сети интернет на всей территории региона.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы:

– бизнес-экосистема и сетевая организация бизнеса являются формами экономической деятельности, которые позволяют лучшим образом организовать комплементарные виды деятельности, позволяя снизить трансакционные издержки и повысить эффективность внедрения инноваций, для успешного формирования подобных структур необходима лидирующая инновационная компания;

– предпринимательские экосистемы направлены на поддержку стартапов на определенной территории, она включает благоприятную культуру, стимулирующую политику и лидерство, наличие соответствующих финансов, качественный человеческий капитал, рынки и спектр институциональной и инфраструктурной поддержки, благоприятные для венчурного предпринимательства, сетевые связи между всеми участниками и знания, генерируемые научно-исследовательскими организациями и университетами. Университеты играют ключевую роль в формировании региональных предпринимательских экосистем;

– электронные платформы играют важную роль в развитии региональных предпринимательских экосистем в условиях четвертой промышленной революции;

– мероприятия по созданию предпринимательской экосистемы в Витебской области, в первую очередь необходимо ориентировать на обеспечение условий, позволяющих местным предпринимателям обмениваться необходимой информацией и формировать между ними доверие. В качестве механизма создания таких условий и реализации разработанного алгоритма формирования региональной предпринимательской экосистемы предлагается использовать ряд электронных платформ и новых элементов инфраструктуры поддержки предпринимательства при активном лидирующем участии региональных университетов, включая электронную платформу государственно-частного партнерства, центр компетенций по формированию сетевых связей, электронные платформы предпринимательских партнерских групп и интеллектуальную электронную платформу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Man, A.-P. de. (2004), *The Network Economy: Strategy, Structure and Management,* Northampton, Edward Elgar, 190 p.

2. Malecki, E. L. (2018), *Entrepreneurship and entrepreneurial ecosystems*, available at: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gec3.12359.

3. Moore, J. F. (1993), Predators and Prey: A New Ecology of Competition, *Harvard business review,* May-June, 1993, pp. 75-86, available at: https://www.researchgate.net/publication/13172133_Predators_and_Prey_A_New_Ecology_of_Competition

4. Moore, J. F. (1996), *The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems*, New York City, Harper Paperbacks, 320 p.

REFERENCES

1. Man, A.-P. de. (2004), *The Network Economy: Strategy, Structure and Management,* Northampton, Edward Elgar, 190 p.

2. Malecki, E. L. (2018), *Entrepreneurship and entrepreneurial ecosystems*, available at: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gec3.12359.

3. Moore, J. F. (1993), Predators and Prey: A New Ecology of Competition, *Harvard business review,* May-June, 1993, pp. 75-86, available at: https://www.researchgate.net/publication/13172133_Predators_and_Prey_A_New_Ecology_of_Competition.

4. Moore, J. F. (1996), *The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems*, New York City, Harper Paperbacks, 320 p.

5. Moore, J. F. (2006), Business ecosystems and the

5. Moore, J. F. (2006), Business ecosystems and the view from the firm, *The Antitrust Bulletin*, 2006, Vol. 51, No. 1, pp. 31–75.

6. Powell, W. W. (1990), Neither market nor hierarchy: network forms of organization, *Research in organization behavior*, 1990, Vol. 12, pp. 295–336.

7. Coase, R. H. (1937), The Nature of the Firm, *Economica (new series)*, 1937, Vol. 4, Iss. 16, pp. 386–405.

8. Richardson, G. B. (1972), The Organisation of Industry, *The Economic Journal*, 1972, Vol. 82, № 327 (Sep.), pp. 883–896.

9. Williamson, O. E. (1975), Markets and hierarchies: some elementary considerations, *The American Economic Review*, 1975, Vol. 63, № 2, pp. 316–325.

10. *Каждой компании нужна экосистема*, режим доступа: https://www.kommersant.ru/doc/2697933, (дата доступа 10.10.2021).

11. Isenberg, D. J. (2011), Introducing the entrepreneurship ecosystem: Four defining characteristics, *Forbes*, available at: https://www.forbes.com/sites/danisenberg/2011/05/25/introducing-the-entrepreneurship-ecosystem-four-defining-characteristics/?sh=29e08efd5fe8.

12. Global Entrepreneurship Congress (2014), GES policy roundtable summary of discussions, *Working paper*, Ewing Marion Kauffman Foundation.

13. Stam, E. (2015), Entrepreneurial Ecosystems and Regional Policy: A Sympathetic Critique, *European Planning Studies*, 2015, №23 (9), pp. 1759–1769, available at: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09654313.2015.1061484.

14. Carvalho, L. C. (2017), *Entrepreneurial Ecosys-*

view from the firm, *The Antitrust Bulletin*, 2006, Vol. 51, No. 1, pp. 31–75.

6. Powell, W. W. (1990), Neither market nor hierarchy: network forms of organization, *Research in organization behavior*, 1990, Vol. 12, pp. 295–336.

7. Coase, R. H. (1937), The Nature of the Firm, *Economica (new series*), 1937, Vol. 4, Iss. 16, pp. 386–405.

8. Richardson, G. B. (1972), The Organisation of Industry, *The Economic Journal*, 1972, Vol. 82, № 327 (Sep.), pp. 883–896.

9. Williamson, O. E. (1975), Markets and hierarchies: some elementary considerations, *The American Economic Review,* 1975, Vol. 63, № 2, pp. 316–325.

10. *Kazhdoj kompanii nuzhna ekosistema* [Every company needs an ecosystem], available at: https://www.kommersant.ru/doc/2697933, (accesed 10 October 2021).

11. Isenberg, D. J. (2011), Introducing the entrepreneurship ecosystem: Four defining characteristics, *Forbes,* available at: https://www.forbes.com/sites/danisenberg/2011/05/25/introducing-the-entrepreneurship-ecosystem-four-defining-characteristics/?sh=29e08efd5fe8.

12. Global Entrepreneurship Congress (2014), GES policy roundtable summary of discussions, *Working paper*, Ewing Marion Kauffman Foundation.

13. Stam, E. (2015), Entrepreneurial Ecosystems and Regional Policy: A Sympathetic Critique, *European Planning Studies*, 2015, №23 (9), pp. 1759–1769, available at: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09654313.2015.1061484.

14. Carvalho, L. C. (2017), *Entrepreneurial Ecosys-*

tems: Lisbon as a Smart Start-Up City, Handbook of Research on Entrepreneurial Development and Innovation Within Smart Cities, Hershey, IGI Global.

15. Harmaakorpi, V., Rinkinen, S. (2020), Regional development platforms as incubators of business ecosystems. Case study: The Lahti urban region, Finland, *Growth and Change*, No. 51, pp. 626–645.

16. Strobl, A., Peters, M., Raich, M. (2014), Entrepreneurial Networks: Exploring the Role of Social Capital, *International Review of Entrepreneurship*, 12, pp. 103–132.

17. Theodoraki, C., Messeghem, K., Rice, M. P. (2018), A social capital approach to the development of sustainable entrepreneurial ecosystems: an explorative study, *Small Business Economics,* Springer, vol. 51(1), pp. 153–170.

18. Auerswald, P. E. (2015), *Enabling Entrepreneurial Ecosystems,* Kansas, Ewing Marion Kauffman Foundation, 36 p.

19. Фатеев, В. С. (2012), Кластеры, кластерный подход и его использование как инструмента регулирования развития национальной и региональной экономики, *Веснік Гродзенскага дзяржаўнага універсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 5. Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія*, 2012, № 2 (131), С. 40–50.

20. *Expert Group "Knowledge for growth". European Commissions*, available at: http://ec.europa.eu/invest-in-research/monitoring/knowledge_en.htm.

21. Foray, D. (2014), From smart specialization to smart specialization policy, *European Journal of Innovation Management*, 2014, Vol. 17, Iss. 4, P. 492–507.

22. Караяннис, Э., Григорудис, Э. (2016), Четырехзвенная спираль инноваций и «умная специализация»: производство знаний и националь-

tems: Lisbon as a Smart Start-Up City, Handbook of Research on Entrepreneurial Development and Innovation Within Smart Cities, Hershey, IGI Global.

15. Harmaakorpi, V., Rinkinen, S. (2020), Regional development platforms as incubators of business ecosystems. Case study: The Lahti urban region, Finland, *Growth and Change*, No. 51, pp. 626–645.

16. Strobl, A., Peters, M., Raich, M. (2014), Entrepreneurial Networks: Exploring the Role of Social Capital, *International Review of Entrepreneurship*, 12, pp. 103–132.

17. Theodoraki, C., Messeghem, K., Rice, M.P. (2018), A social capital approach to the development of sustainable entrepreneurial ecosystems: an explorative study, *Small Business Economics,* Springer, vol. 51(1), pp. 153–170.

18. Auerswald, P. E. (2015), *Enabling Entrepreneurial Ecosystems*, Kansas, Ewing Marion Kauffman Foundation, 36 p.

19. Fateev, V. S. (2012), Clusters, cluster approach and its use as a tool for regulating the development of the national and regional economy [Klastery, klasternyj podhod i ego ispol'zovanie kak instrumenta regulirovaniya razvitiya nacional'noj i regional'noj ekonomiki], *Vesnik Grodzenskaga dzyarzhaŭnaga universiteta imya YAnki Kupaly. Seryya 5. Ekanomika. Sacyyalogiya. Biyalogiya – Bulletin of the Yanka Kupala State University of Grodno. Series 5. Economics. Sociology. Biology,* 2012, № 2 (131), pp. 40–50.

20. *Expert Group "Knowledge for growth". European Commissions,* available at: http://ec.europa.eu/invest-in-research/monitoring/knowledge_en.htm.

21. Foray, D. (2014), From smart specialization to smart specialization policy, *European Journal of Innovation Management*, 2014, Vol. 17, Iss. 4, P.

ная конкурентоспособность, *Форсайт,* 2016, Т. 10, № 1, С. 31–42.

23. Barykin, S. Y., Kapustina, I. V., Kirillova, T. V., Yadykin, V. K., Konnikov, Y. A. (2020), Economics of Digital Ecosystems, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity,* No. 6 (4), pp. 1–16.

24. Ciffolilli, A., Muscio, A. (2018), Industry 4.0: national and regional comparative advantages in key enabling technologies, *European Planning Studies*, 2018, Vol. 26, 21 p.

25. Götz, M., Jankowska, B. (2018), On the role of clusters in fostering the Industry 4.0, *International Business in the Information and Digital Age*, 2018, Nov, pp. 379–390.

26. Гётц, М., Янковска, Б. (2020), Индустрия 4.0 как фактор конкурентоспособности компаний в условиях постпереходной экономики, *Форсайт*, 2020, Т. 14, № 4, С. 61–78.

27.Spagnoletti, P., Resca, A., Lee, G. (2015), A design theory for digital platforms supporting online communities: a multiple case study, *Journal of Information Technology*, 2015, Feb. pp. 1–17.

28.*Регионы Республики Беларусь. Социально-экономические показатели 2021*, Статистический сборник. Том 1, Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 776 с.

29. Слонимская, М. А. (2019), Сетевые формы организации экономической деятельности: концепции и модели развития, *Белорусский экономический журнал*, 2019, № 1, С. 106–120.

30. Яшева, Г. А., Вайлунова, Ю. Г. (2021), Развитие кластерных структур в инновационном малом и среднем предпринимательстве Республики Беларусь, *Право. Экономика. Психология*, 2021, № 2 (22), С. 52–60.

31. Яшева, Г. А., Вайлунова, Ю. Г. (2021), Оценка

492–507.

22. Karayannis, E., Grigorudis, E. (2016), The Quadraple Helix of Innovation and Smart Specialization: Knowledge Generation and National Competition [Chetyrekhzvennaya spiral' innovacij i «umnaya specializaciya»: proizvodstvo znanij i nacional'naya konkurentosposobnost'], *Foresight*, 2016, Vol. 10, № 1, pp. 31–42.

23. Barykin, S. Y., Kapustina, I. V., Kirillova, T. V., Yadykin, V. K., Konnikov, Y. A. (2020), Economics of Digital Ecosystems, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, No. 6 (4), pp. 1–16.

24. Ciffolilli, A., Muscio, A. (2018), Industry 4.0: national and regional comparative advantages in key enabling technologies, *European Planning Studies,* 2018, Vol. 26, 21 p.

25. Götz, M., Jankowska, B. (2018), On the role of clusters in fostering the Industry 4.0, *International Business in the Information and Digital Age*, 2018. Nov. pp. 379–390.

26. Göt, M., Jankowska, B. (2020), Industry 4.0 as a factor in the competitiveness of companies in a post-transition economy [Industriya 4.0 kak faktor konkurentosposobnosti kompanij v usloviyah postperekhodnoj ekonomiki], *Foresight,* 2020, Vol. 14, № 4, pp. 61–78.

27.Spagnoletti, P., Resca, A., Lee, G. (2015), A design theory for digital platforms supporting online communities: a multiple case study, *Journal of Information Technology*, 2015, Feb. pp. 1–17.

28. *Regiony respublik Belarus'. Social'no-ekonomicheskie pokazateli 2021*, Statisticheskij sbornik. [Regions of the republics of Belarus. Socio-economic indicators 2021. Statistical collection] Vol. 1, 2021, Minsk: National Statistical Committee of the Republic of Belarus, 776 p.

29. Slonimska, M. A. (2019), Network forms of organizing economic activity: concepts and models

готовности малого и среднего предпринимательства к сотрудничеству в рамках кластера: методика и апробация, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2021, № 1(40), С. 246–255.

32. Дадеркина, Е. А. (2013,) *Государственно-частное партнерство: международный опыт и перспективы для Республики Беларусь*, Минск: Министерство экономики Республики Беларусь, 46 с.

33. Яшева, Г. А. (2011), Теоретико-методологические основы и механизмы государственно-частного партнерства в инновационном развитии экономики Беларуси, *Белорусский экономический журнал*, 2011, № 3, С. 4–19.

34. Reid, S., Hayes, J. P., Stibbe, D. (2015), *Platforms for partnership: Emerging good practice to systematically engage business as a partner in development*, Oxford: The Partnering Initiative, 46 p.

of development [Setevye formy organizacii ekonomicheskoj deyatel'nosti: koncepcii i modeli razvitiya], *Belorusskij ekonomicheskij zhurnal – Belarusian Economic Journal,* 2019, № 1, pp. 106–120.

30. Yasheva, G. A., Vajlunova, Yu. G. (2021), Development of cluster structures in innovative small and medium-sized businesses of the Republic of Belarus [Razvitie klasternyh struktur v innovacionnom malom i srednem predprinimatel'stve Respubliki Belarus'], *Pravo. Ekonomika. Psihologiya. – Law. Economy. Psychology*, 2021, № 2 (22), pp. 52–60.

31. Yasheva, G. A., Vajlunova, Yu. G. (2021), Assessment of the readiness of small and medium-sized businesses to cooperate within the cluster: methodology and testing [Ocenka gotovnosti malogo i srednego predprinimatel'stva k sotrudnichestvu v ramkah klastera: metodika i aprobaciya], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of the Vitebsk State Technological University*, 2021, № 1(40), pp. 246–255.

32. Daderkina, E. A. (2013), *Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo: mezhdunarodnyj opyt i perspektivy dlya Respubliki Belarus'* [Public-private partner-ship: international experience and prospects for the Republic of Belarus], Minsk: Ministry of Economy of the Republic of Belarus, 46 p.

33. Yasheva, G. A. (2011), Theoretical and methodological bases and mechanisms of public-private partnership in the innovative development of the Belarusian economy [Teoretiko-metodologicheskie osnovy i mekhanizmy gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v innovacionnom razvitii ekonomiki Belarusi], *Belorusskij ekonomicheskij zhurnal – Belarusian Economic Journal*, 2011, № 3, pp. 4–19.

34. Reid, S., Hayes, J. P., Stibbe, D. (2015), *Platforms for partnership: Emerging good practice to systematically engage business as a partner in development*, Oxford: The Partnering Initiative, 46 p.

Статья поступила в редакцию 01. 11. 2021 г.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВНЕШНЕТОРГОВОГО СОТРУДНИЧЕСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

ANALYSIS OF THE STATE AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF FOREIGN TRADE COOPERATION BETWEEN THE REPUBLIC OF BELARUS AND CHINA

УДК 339.92(476)
https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-179-190

О.П. Советникова*, О.Р. Левшицкая
Витебский государственный технологический университет

O. Sovetnikova*, O. Levshitskaya
Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ, СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ, ВНЕШНЯЯ ТОРГОВЛЯ, ВНЕШНЕТОРГОВОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ, ТОРГОВЫЕ ПАРТНЁРЫ, ЭКСПОРТ, ИМПОРТ, ВНЕШНЕТОРГОВОЕ САЛЬДО, НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

В условиях расширения и углубления интеграции Республики Беларусь и Китайской Народной Республики в систему мирохозяйственных связей значительно возросла роль внешней торговли в экономическом развитии стран. Китай постепенно становится не только крупнейшим мировым производителем товаров, важнейшим экспортером и импортером капитала, но и источником глобального экономического роста.

В статье авторами проведён анализ места и роли Китайской Народной Республики во внешнеторговом обороте Республики Беларусь; проанализировано внешнеторговое сальдо Китайской Народной Республики и Республики Беларусь, а также объём и структура экспорта Республики Беларусь и Китайской Народной Республики; изучен вопрос государственного регулирования внешней торговли в Китайской Народной Республике и Республике Беларусь, а также разработаны направления развития внешнеторгового сотрудничества Республики Беларусь и Китайской Народной Республики.

ABSTRACT

ECONOMIC GROWTH, SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT, INTEGRATION, FOREIGN TRADE, FOREIGN TRADE COOPERATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS AND THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, TRADING PARTNERS, EXPORT, IMPORT, FOREIGN TRADE BALANCE, DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

In the context of market reforms, expansion and deepening of the integration of the Republic of Belarus and China into the system of world economic relations, the role of foreign trade in the economic development of countries has significantly increased. China is gradually becoming not only the world's largest producer of goods, the most important exporter and importer of capital, but also a source of global economic growth.

In the article, the authors analyzed the place and role of the People's Republic of China in the foreign trade turnover of the Republic of Belarus; analyzed the foreign trade balance of the People's Republic of China and the Republic of Belarus, as well as the volume and structure of exports of the Republic of Belarus and the People's Republic of China; studied the issue of state regulation of foreign trade in the People's Republic of China and the Republic of Belarus, and also developed directions for the development of foreign trade cooperation between the Republic of Belarus and the People's Republic of China.

* E-mail: *sovetnikova@bk.ru* (O. Sovetnikova)

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время внешняя торговля в экономическом развитии стран приобрела особую значимость. В частности, наблюдается расширение и углубление интеграции Республики Беларусь и Китайской Народной Республики в систему мирохозяйственных связей. На сегодняшний день между Республикой Беларусь и Китайской Народной Республикой во всех сферах экономической, научно-технической и военно-технической деятельности достигнут высокий уровень сотрудничества. Китай является основным торгово-экономическим партнером Беларуси в Азии.

В 2021 году Китай начинает реализацию 14-го пятилетнего плана социально-экономического развития (2021–2025 годы). По мнению руководителей посольства Республики Беларусь в Китае, страна «привержена всестороннему повышению уровня открытости внешнему миру, что предоставит странам, включая Беларусь, больше возможностей для развития и откроет более широкое пространство для сотрудничества. Китай будет продолжать расширять свою открытость для внешнего мира, в полной мере использовать свои рыночные преимущества и потенциал внутреннего спроса и внесет вклад в восстановление мировой экономики за счет собственного экономического развития» [1].

Республика Беларусь, в свою очередь, продолжает реализацию политики, направленной на формирование экспортно-ориентированной экономики, и внешняя торговля по-прежнему имеет важное значение для развития страны.

Значительный вклад в исследование внешнеторговых отношений внесли такие ученые, как Чен Цзягуй, Ван Ин, М.М. Ковалев, Л.Н. Давыденко, К.В. Рудый, А.А. Тозик, В.Б. Буглай и другие.

Актуальность темы исследования подтверждается тем фактом, что развитие внешнеторговых отношений, повышение их эффективности играет важную роль в социально-экономическом развитии Республики Беларусь и Китайской Народной Республики. Диверсификация внешнеторгового сотрудничества анализируемых стран должна содействовать более эффективной интеграции в мировое сообщество, образованию полноценного экономического пространства, повышению качества и уровня жизни населения, совершенствованию существующих и появлению новых форм сотрудничества в условиях глобализации и эпохи Индустрии 4.0.

Цель исследования – анализ состояния и разработка направлений развития внешнеторгового сотрудничества Республики Беларусь и Китайской Народной Республики.

Для достижения цели необходимо решение следующих задач:

– провести анализ места и роли Китайской Народной Республики во внешнеторговом обороте Республики Беларусь;

– проанализировать внешнеторговое сальдо Китайской Народной Республики и Республики Беларусь;

– проанализировать объём и структуру экспорта Республики Беларусь и Китайской Народной Республики;

– исследовать вопросы государственного регулирования внешней торговли Беларуси и Китая;

– разработать направления совершенствования внешнеторгового сотрудничества Республики Беларусь и Китайской Народной Республики.

Теоретико-методологической основой исследования выступают фундаментальные положения общей экономической теории, исследования отечественных и зарубежных ученых в области внешней торговли, внешнеэкономических связей в целом.

Республика Беларусь активно участвует в международных интеграционных процессах, является экспортно-ориентированным государством с хорошо развитым производственным сектором и сельским хозяйством. РБ поддерживает торговые отношения с более чем 200 странами мира. За период 2016–2019 гг. динамика внешней торговли Республики Беларусь характеризуется постепенным увеличением объемов внешнеторгового оборота (рисунок 1). Это обусловлено высокими темпами экономического роста, повышением научно-технического и транзитного потенциала, участием в интеграционных процессах в рамках СНГ, а также диверсификацией торгово-экономических отношений с другими регионами мира [2].

В 2020 году объем внешней торговли возрос на 21 % (по сравнению с данными 2016 года) и составил 62 млрд долл. США. Практически теми же темпами изменился и объем экспорта (при-

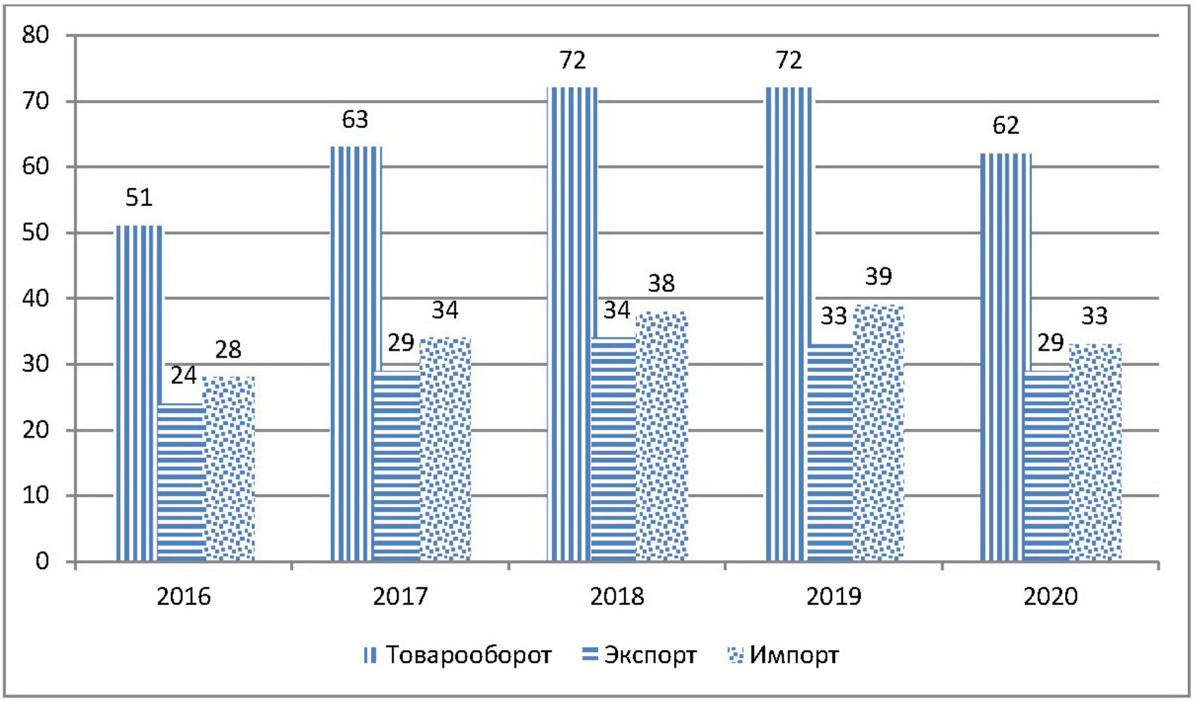


Рисунок 1 – Состав и динамика внешней торговли Республики Беларусь, млрд долл. США

Источник: составлено авторами на основе [3].

рост на 23 % по сравнению с 2016 годом). В абсолютном выражении объем экспорта составил в 2020 году 29 млрд долл. США. Размер импортных операций имел тенденцию к увеличению с 2016 года по 2018 год, далее можно наблюдать его постепенное снижение к 2020 году (до уровня 2017 года).

На рисунке 2 представлена информация о распределении экспорта Республики Беларусь по странам – основным торговым партнерам в 2020 году.

Таким образом, основными торговыми партнерами в экспортных операциях являются: Российская Федерация (45,2 % от общего объема экспорта), Украина (10,8 %). На их долю приходится 56 % общего объема экспорта Республики Беларусь. На «другие страны» приходится треть белорусского экспорта в том числе доля Китая в общем объеме экспорта в 2020 году составила 2,55 %.

На рисунке 3 представлена информация о распределении импорта Республики Беларусь по странам – основным торговым партнерам в 2020 году.

Основные поставщики импортных товаров в Республику Беларусь: Российская Федерация, Китай, Германия, Польша, Украина. Несомненным лидером в объемах поставок является Российская Федерация (50,2 % от общего объема экспорта). На втором месте по объему импорта находится Китай (11,5 % от общего объема импорта). На «другие страны» приходится ¼ часть импорта.

Следует отметить высокую концентрацию как экспорта, так и импорта на основных торговых партнерах. Такие тенденции свидетельствуют о низком уровне географической диверсификации, что определяет высокий уровень рисков при сокращении объемов внешней торговли с основными странами-партнерами и вытеснение с их рынков национальных производителей.

Республика Беларусь в торгово-экономических отношениях с другими странами использует торговые режимы: режим наиболее благоприят-

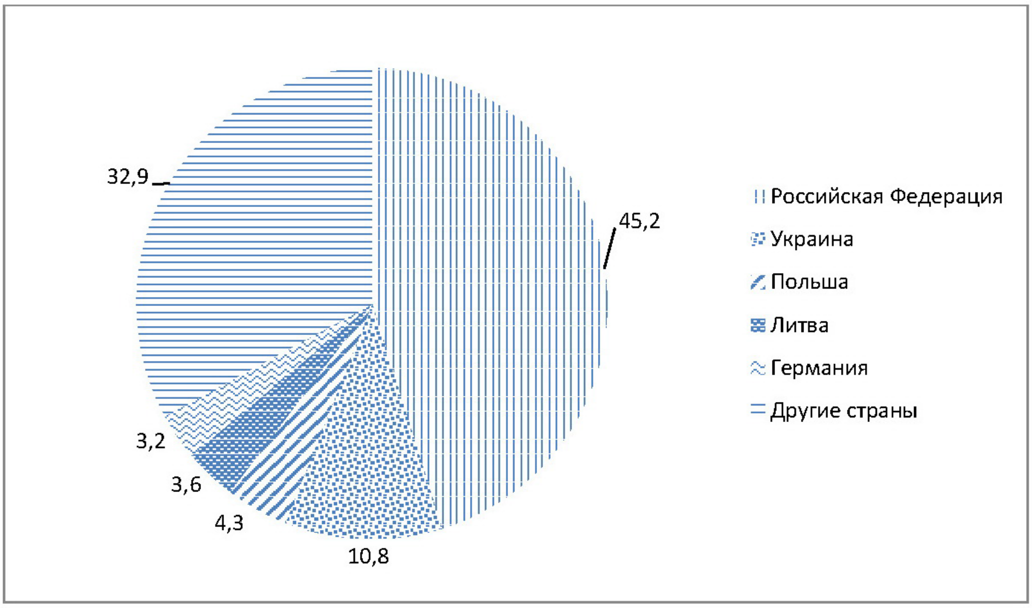


Рисунок 2 – Структура экспорта Республики Беларусь в разрезе стран-партнеров, %

Источник: составлено авторами на основе [4].

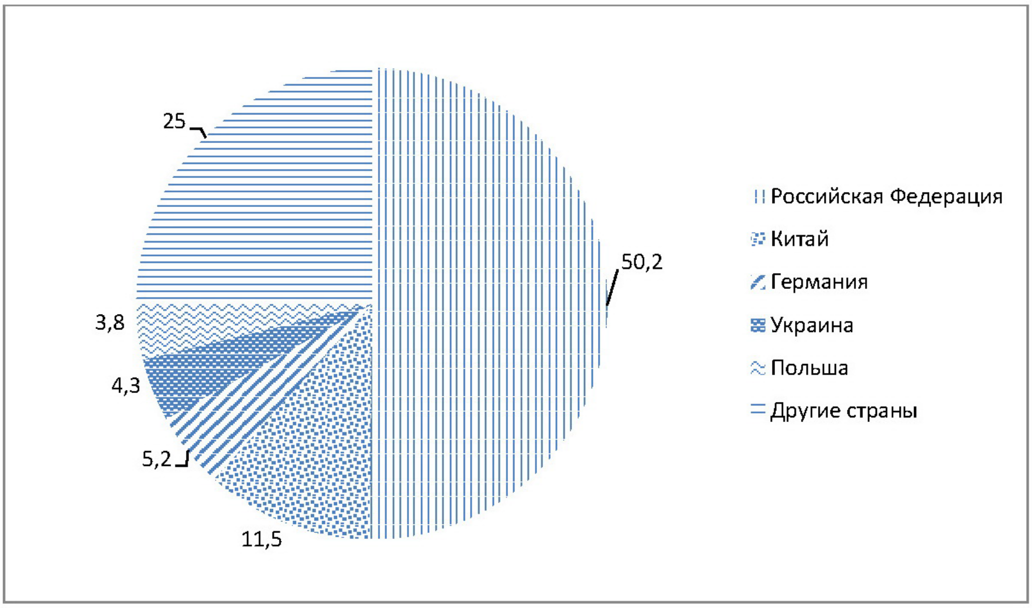


Рисунок 3 – Структура импорта Республики Беларусь в разрезе стран-партнеров, %

Источник: составлено авторами на основе [4].

ствуемой нации; режим свободной торговли или зоны свободной торговли; преференциальный режим (система преференций).

Далее проанализируем состав и динамику товарооборота между Республикой Беларусь и Китайской Народной Республикой (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, в сфере внешнеторгового сотрудничества наблюдается постепенный прирост торговых операций между странами за период 2016–2019 гг. По итогам 2019 года торговый оборот РБ и КНР составлял порядка 5300 млн долларов США. Несмотря на негативные последствия пандемии и замедление деловой активности во всем мире, по итогам 2020 года внешнеторговый оборот Беларуси и Китая составил 5,4 млрд долларов США, достигнув нового исторического максимума. При этом объем импортных операций сократился на 0,9 %, а объем экспортных операций увеличился на 2,4 %.

Следует отметить, что в течение всего анализируемого периода наблюдается устойчивый рост отрицательного внешнеторгового сальдо. Китайский импорт в Беларусь рос более высокими темпами, чем белорусский экспорт в Китай. То есть на фоне динамичного роста взаимного товарооборота показатель сальдо внешней торговли с 2015 года складывается с постоянным нарастанием дефицита. Исключение составляет 2020 год, где размер отрицательного сальдо снизился по сравнению с 2019 годом, что впервые вызвано увеличением темпов роста экспортных операций и снижением темпов роста импортных операций.

С 1992 года, в результате подписания межправительственных соглашений о торгово-экономическом сотрудничестве между Республикой Беларусь и Китайской Народной Республикой, в торговых отношениях стран используется торговый режим «наиболее благоприятствуемой нации». Использование данного режима предполагает установление в международных договорах и соглашениях положений, при которых каждая из сторон обязуется предоставить другой стороне не менее благоприятные экономические и иные условия, нежели она сама предоставляет.

Торгово-экономическое сотрудничество между Беларусью и Китаем в основном осуществляется по линии крупного бизнеса, где главными участниками выступают крупные и в основном государственные компании. По мнению экспертов, сотрудничество на высшем уровне и между крупными компаниями, скорее всего, останется в основе двустороннего партнёрства Беларуси и Китая в долгосрочной перспективе.

Что касается малого и среднего бизнеса, то, как показывает практика, им, в отличие от крупного, приходится работать в более стеснённых условиях. Одним из факторов, оказывающих негативное влияние на ведение бизнеса, является нехватка качественной информации об особенностях ведения бизнеса как в Беларуси, так и в Китае, в частности, о местном законодательстве. Малые и средние предприятия чаще, чем крупные государственные компании, сталкиваются с

Таблица 1 – Состав и динамика товарооборота между РБ и КНР, тыс. долл. США

Год	Объем импорта в РБ	Объем экспорта из РБ	Товарооборот совокупный	Внешнеторговое сальдо
2015	2 911 585	1 257 378	4 168 963	-1 654 207
2016	2 785 645	800 533	3 586 178	-1 985 112
2017	3 126 255	740 011	3 866 266	-2 386 244
2018	3 488 165	905 890	4 394 055	-2 582 275
2019	4 266 178	1 033 590	5 299 768	-3 232 588
2020	4 229 100	1 196 000	5 425 100	-3 033 100

Источник: составлено авторами.

административными барьерами.

Помимо вышеобозначенных проблем, у большинства белорусских производителей отсутствует чёткое понимание особенностей китайского рынка. Кроме того, белорусские компании в основном не располагают финансовыми ресурсами для открытия офисов в Китае, а также на проведение соответствующих маркетинговых исследований и рекламных кампаний. Отсутствие достаточных навыков в работе на китайских электронных площадках и в социальных сетях, в брендировании и выводе своей продукции в сетевые магазины также снижает вероятность успешного выхода белорусских компаний на китайский рынок.

Кроме того, в КНР белорусским товарам приходится конкурировать не только с национальными производителями, но и с другими, зачастую более крупными иностранными брендами, которые вышли на азиатские рынки намного раньше и успели заработать лояльность покупателей [5].

В настоящее время Республика Беларусь продолжает реализовывать промышленную политику, направленную на формирование экспортно-ориентированной экономики. Около 60 % продукции, произведенной обрабатывающей промышленностью, поступает на зарубежные рынки.

Несмотря на то, что основную статью белорусского экспорта в Китай занимают калийные удобрения, азотные соединения и нефтехимическая продукция с низкой добавленной стоимостью, драйвером белорусского экспорта в Китай в последние годы стала продукция сельского хозяйства и деревообработки. В 2020 году аккредитованы для экспорта в Китай 12 новых белорусских производителей продукции (производство говядины, курицы, сухого и питьевого молока, молочных кормовых продуктов). Необходимо отметить, что перекос в сторону сырьевой составляющей ставит объём белорусского экспорта в зависимость от мировых цен на это сырьё, в первую очередь на калийные удобрения [3].

В 2020 г. поставлено на экспорт сельскохозяйственной продукции и продуктов питания на сумму более 5,8 млрд долларов США, что составило 104,3 % к уровню 2019 года. В целом, прирост валютной выручки сложился в сумме 240,2 млн долларов США. Расширена география экспорта сельскохозяйственной продукции и продуктов питания: 116 стран мира против 104 в 2019 году. По отношению к 2019 году освоены 20 новых рынков. Выросли поставки молока и молочной продукции, рапсового масла, мяса и мясопродуктов, казеина, муки, сахара, яиц, картофеля, шоколада и прочих готовых продуктов, содержащих какао.

Доля Российской Федерации в экспорте сельскохозяйственной продукции и продуктов питания составила 74,4 %, снизившись по сравнению с 2019 годом на 5,3 процентных пункта (4,3 млрд долларов США или 97,4 % к уровню 2019 г.). Доля стран дальнего зарубежья выросла на 3,5 процентных пункта и составила 13,8 % или 796 млн долларов США [6].

Отдельно следует отметить результаты работы по освоению китайского рынка. В Китайскую Народную Республику экспортировано продукции на сумму 255,2 млн долларов США (рост в 1,9 раза к уровню 2019 года) [6]. Основу белорусского экспорта в КНР формируют поставки мяса и мясопродуктов (говядина, мясо птицы), молока и молокопродуктов (сухое молоко, сухая молочная сыворотка, цельномолочная продукция, мороженое, сыры, масло сливочное), масла рапсового и льноволокна. В 2020 году были начаты первые поставки на китайский рынок сахара, крахмала, картофельных чипсов и рыбопродуктов. В дальнейшем поставки сельскохозяйственной продукции и продуктов питания на китайский рынок планируется осуществлять также с использованием механизма электронной торговли на китайских площадках.

В 2021 году Республика Беларусь продолжит дальнейшее наращивание объемов производства сельхозпродукции и продуктов питания для обеспечения продовольственной безопасности страны и формирования дополнительных объемов для экспорта [6].

Как было отмечено ранее, основным торговым партнером Беларуси в экспортных операциях является Российская Федерация, но очевидна возрастающая роль и Китайской Народной Республики. Несмотря на замедление деловой активности во всем мире и снижение экспортных операций, Республика Беларусь по итогам 2020 года нарастила объемы экспорта в Китайскую

Народную Республику. По сравнению с 2019 годом прирост составил 2,4 % [6].

По объему экспорта Китайская Народная Республика занимает первое место в мире, так как зарубежные продажи дают до 80 % валютных доходов государства. В экспортных отраслях занято около 20 млн человек. На зарубежные рынки вывозится 20 % валовой продукции промышленности и сельского хозяйства, номенклатура которой насчитывает около 50 тыс. наименований. Китай поддерживает торгово-экономические отношения с более чем 130 странами и регионами мира.

Основными торговыми партнерами Китая являются экономически развитые государства, прежде всего страны ЕС, США и Япония, на которые приходится более половины внешнеторгового оборота Китая. Основными направлениями экспорта товаров из Китая в 2020 году являлись: США (с долей 17,4 % от общего объема экспорта или 452 млрд долларов США), Гонконг (10,5 % или 272 млрд долларов США), Япония (с долей 5,5% или 142 млрд долларов США), Вьетнам и Южная Корея (с долей 4,39 % или 113 млрд долларов США и соответственно 4,34 % или 112 млрд долларов США). Удельный вес стран европейского региона (Германия, Нидерланды и Великобритания) в общем объеме экспорта составил порядка 3 % [7].

Уже много лет подряд Китай является первым в мире экспортером текстильной продукции. В последние годы он вышел на первые позиции в мире по экспорту мобильных телефонов, лазерных проигрывателей,оптических элементов, электроинструментов, бытовой электротехники, телевизоров и мотоциклов. Китай уже стал одним из крупнейших игроков на мировом автомобильном рынке. Одна из важнейших особенностей китайской внешней торговли – значительный импорт технологий, позволяющих развивать такие прогрессивные сектора экономики, как производство программного обеспечения, телекоммуникационного оборудования, новых материалов, биотехнологий [ШИ].

Китайская Народная Республика занимает ведущие позиции в мире по животноводству. Так, по данным ФАО (продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), Китай занимает 6 место в мире по производству молока и 3 место в мире по производству говядины. Показатели по производству свинины, козлятины и баранины – лидирующие в мире, так же, как и поголовье соответствующих сельскохозяйственных животных.

Структура экспорта сельскохозяйственного сырья и продовольствия Китайской Народной Республикой представлена на рисунке 4.

Китайская Народная Республика экспортирует значительные объемы готовой и консервированной рыбы (4,9 % от общего объема экспорта), готовых и консервированных ракообразных (4,8 %), овощей сушеных (3,8 %), моллюсков (3,8 %), рыбы мороженой (3,7 %), фруктов и орехов консервированных (3,4 %) и других товаров. Необходимо отметить, что КНР занимает первое место в мире по объему экспорта данных товарных позиций.

Несмотря на столь масштабное сельское хозяйство, тем не менее, Китай (по данным 2019 года) являлся одним из крупнейших мировых импортеров сельхозпродукции (после Европейского Союза). А в 2020 году Китай официально стал крупнейшим в мире импортером сельскохозяйственной продукции, обогнав Европейский Союз и Соединенные Штаты Америки. КНР импортировала сельскохозяйственной продукции на сумму в размере 133,1 млрд долларов США. По мнению экономистов, Китай импортирует менее необходимые продукты, такие как мясо и молочные продукты, а свои земельные угодья отводит под производство продуктов, которые имеют фундаментальное значение для экономики – сахар, хлопок, кукуруза, пшеница и рис.

Таким образом, несмотря на то, что сельское хозяйство в Китае динамично развивается, позволяя занимать лидирующие позиции в мировом производстве и экспорте, в стране, учитывая численность населения и растущую экономику, существует значительная потребность в импортных поставках сельскохозяйственной продукции и продовольствия. В целом можно отметить, что отраслевое сотрудничество между Китайской Народной Республикой и Республикой Беларусь активно развивается в сфере сельского хозяйства и продовольствия.

Возможности для расширения регионального сотрудничества и торгово-экономических связей организаций Республики Беларусь с деловы-

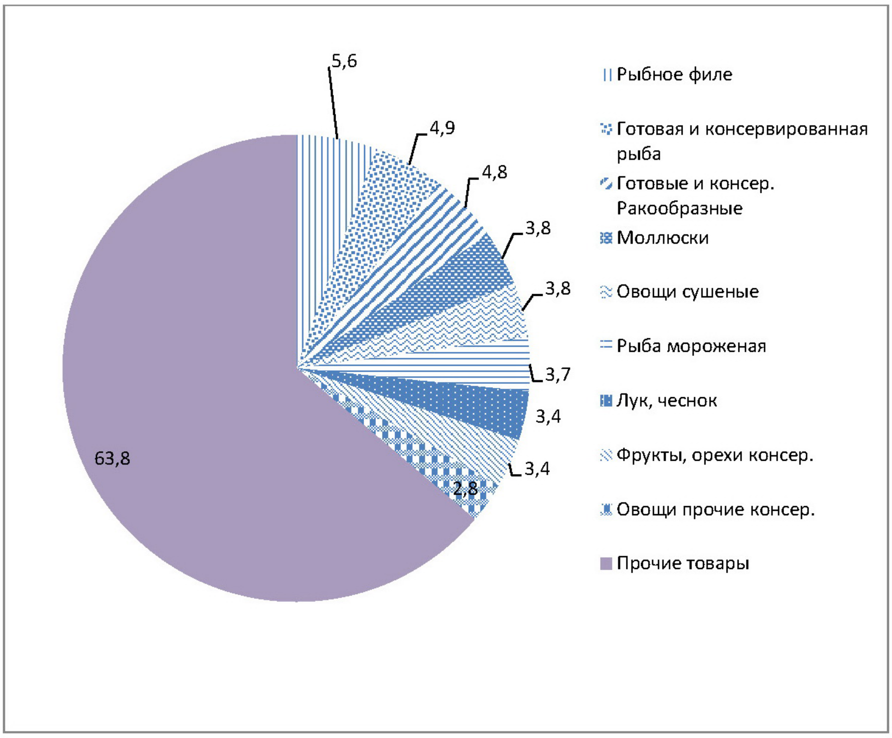


Рисунок 4 – Структура экспорта Китая в 2019 г. по отдельным видам сельскохозяйственного сырья и продовольствия, %

Источник: составлено авторами на основе [3].

ми партнерами из Китая появляются благодаря взаимному участию белорусских и китайских организаций в региональных международных выставках и ярмарках, проводимых в Китае и Беларуси.

Применяемые в Китайской Народной Республике методы нетарифного регулирования экспорта включают в себя квотирование и лицензирование. Режим экспортного квотирования в Китае распространяется в основном на сырьевую продукцию (уголь, цветные и редкоземельные металлы), а также на сельскохозяйственные товары зерновой группы (рис, кукуруза). Экспортные квоты ежегодно корректируются Министерством коммерции КНР в зависимости от ситуации внутри страны и на мировых сырьевых и продовольственных рынках. Министерство коммерции КНР ежегодно совместно с Главным таможенным управлением КНР утверждают перечень товаров, экспорт которых осуществляется на основании лицензий, выданных Министерством коммерции и его уполномоченными органами на местах.

Современный механизм государственной финансовой поддержки национальных экспортеров в Китае состоит из четырех базовых элементов: кредитная поддержка, страховое обеспечение, налоговые преференции и внешнеторговые расчеты в национальной валюте. Китай стремится строго придерживаться установленных законодательством положений, запрещающих или ограничивающих прямые государственные дотации производителям промышленной продукции [9].

Характерной особенностью внешнеторговой политики в Китае является сохранение высокой степени регулирования государством сферы внешней торговли.

Китайский подход к государственному регулированию, разработке конкретных мер экономической политики отличают постепенность («градуализм»), вторичность политического реформирования относительно экономического, приоритетность модернизации и внешнеэкономической экспансии, что вызывает доверие и поддержку со стороны населения и иностранных инвесторов [2].

Таможенно-тарифное регулирование в Республике Беларусь осуществляется в соответствии с правом Евразийского экономического союза (ЕАЭС).

Полномочия по принятию решений в сфере таможенно-тарифного регулирования в соответствии с Договором о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года переданы наднациональному органу – Евразийской экономической комиссии (ЕЭК). К товарам, ввозимым в Республику Беларусь из третьих стран, в том числе из Китая, применяются ставки ввозных таможенных пошлин Единого таможенного тарифа Евразийского экономического союза [8].

Следует отметить, что многие экономические механизмы и инструменты регулирования, успешно используемые в Китае, не могут быть применены в Беларуси. Основная причина – существенные отличия не только в принципах реализации механизмов, но и различия в работе государственных институтов. Тем не менее можно отметить и некоторые сходства во внешнеторговом регулировании: значительная роль государства, применение методов тарифного и нетарифного регулирования.

Внешняя торговля вносит огромный вклад в экономические достижения Китайской Народной Республики и Республики Беларусь и является одним из источников экономического роста. Для развития внешнеторговых отношений Китай и Беларусь активно участвуют в международных организациях, подписывают двухсторонние и многосторонние договоры и соглашения. Преодолев трудности, связанные с пандемией COVID-19 и нынешней невозможностью проведения очных консультаций, Министерство коммерции Китайской Народной Республики и Министерство экономики Республики Беларусь в 2020 году успешно завершили совместное исследование целесообразности заключения белорусско-китайского соглашения о торговле и инвестициях, что благоприятно сказывается на внешнеторговом сотрудничестве Беларуси и Китая.

По результатам проведенного анализа можно выделить приоритетные направления развития внешнеторгового сотрудничества Республики Беларусь и Китайской Народной Республики:

– для Республики Беларусь важным аспектом внешнеторговых отношений, в том числе с Китайской Народной Республикой является наращивание темпов экспортных операций и снижение темпов импортных операций;

– помимо традиционных экспортных поставок на китайский рынок, новым трендом во внешнеторговых отношениях должен стать экспорт продовольствия и сопутствующих товаров, так как в Китае существует значительная потребность в импортных поставках сельскохозяйственной продукции и продовольствия;

– упрощение торговли товарами между Китайской Народной Республикой и Республикой Беларусь посредством обмена информацией, проведения совместных семинаров в целях повышения взаимного понимания нормативно-технической документации, обмена должностными лицами в целях повышения квалификации, обмена информацией о деятельности по контролю (надзору) за рынком, связанной с продукцией, представляющей взаимный интерес;

– ввиду обозначенных выше проблем, связанных с деятельностью малого и среднего бизнеса, а также высокой конкуренцией на китайском рынке, целесообразной представляется выработка единой стратегии позиционирования Беларуси как страны — поставщика экологической, качественной продукции. Белорусским компаниям рекомендуется уделять больше внимания изучению китайского рынка, поиску или созданию своих ниш, брендированию и рекламе продукции, работе с китайскими социальными медиа для максимизации продаж;

– в рамках межгосударственных переговоров необходимо уделять больше внимания не только конкретным сделкам, но и созданию устойчивой благоприятной среды для сотрудничества и бизнеса в целом. Регулярное проведение в Беларуси и Китае совместных бизнес-конференций для малого и среднего бизнеса, имеющих исключительно практическое направление, должно стать одним из элементов такой среды.

ВЫВОДЫ

В настоящее время внешняя торговля в экономическом развитии стран приобрела особую значимость. На сегодняшний день между Республикой Беларусь и Китайской Народной Республикой во всех сферах экономической, научно-технической и военно-технической деятельности достигнут высокий уровень сотрудничества. Китай является основным торгово-экономическим партнером Беларуси в Азии.

Изучив за период 2016–2020 гг. состояние внешнеторговых отношений Республики Беларусь, можно сделать следующие выводы:

– объем импортных операций за анализируемый период устойчиво превышал объем экспортных операций Республики Беларусь;

– структура распределения экспортных и импортных потоков Республики Беларусь между странами достаточно неоднородна;

– во внешнеторговом обороте страны лидирующую роль играет Российская Федерация, но по итогам 2020 года Китай стал вторым торговым партнером Беларуси после России (для сведения: в 2019 году второе место занимала Украина, третье – Китай).

В течение анализируемого периода наблюдается устойчивый рост отрицательного внешнеторгового сальдо. Китайский импорт в Беларусь рос более высокими темпами, чем белорусский экспорт в Китай. Несмотря на то, что основную статью белорусского экспорта в Китай занимает продукция с низкой добавленной стоимостью, драйвером белорусского экспорта в Китай в последние годы стала продукция сельского хозяйства.

Так как в 2020 году Китай официально стал крупнейшим в мире импортером сельскохозяйственной продукции, для Республики Беларусь данное обстоятельство указывает на дополнительные возможности расширения экспорта сельскохозяйственной продукции.

Многие экономические механизмы и инструменты регулирования, успешно используемые в Китае, не могут быть применены в Беларуси. Основная причина – существенные отличия не только в принципах реализации механизмов, но и различия в работе государственных институтов. Тем не менее можно отметить и некоторые сходства во внешнеторговом регулировании: значительная роль государства, применение методов тарифного и нетарифного регулирования.

Приоритетными направлениями по развитию внешнеторгового сотрудничества Беларуси и Китая должно стать наращивание темпов экспортных операций и снижение темпов импортных операций, в частности, за счёт экспорта сельскохозяйственной продукции, так как в Китае существует значительная потребность в импортных поставках продукции сельского хозяйства и продовольствия.

Белорусским компаниям рекомендуется уделять больше внимания изучению китайского рынка, поиску или созданию своих ниш, брендированию и рекламе продукции, работе с китайскими социальными медиа для максимизации продаж.

Регулярное проведение в Беларуси и Китае совместных бизнес-конференций для малого и среднего бизнеса, имеющих исключительно практическое направление, должно стать одним из элементов устойчивой благоприятной среды для сотрудничества и бизнеса в целом.

Результаты проведенного анализа, предложенные направления по развитию внешнеторгового сотрудничества Беларуси и Китая могут иметь практическое значение для принятия управленческих решений республиканскими и региональными органами государственного управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чжао Цюянь (2021), *Ковид не помеха – торговля Беларуси и КНР оказалась стрессоустойчивой*, доступно по адресу: https://www.belta.by/comments/view/kovid-ne-pomeha-torgovlja-belarusi-i-knr-okazalas-stressoustojchivoj-7641/ (по состоянию на 28 января 2021 г.).

2. Вэйхуа, Ши, *Перспективы развития экспорта Китайской Народной Республики и Республики Беларусь*, Магистерская диссертация по специальности 1-25 81 07 «Экономика и управление на предприятии», Минск, 2019, Белорусский государственный университет, 72 с.

3. *Официальный интернет-портал Министерства иностранных дел Республики Беларусь (2021 г.)*, доступен по адресу: https://mfa.gov.by/trade/ (дата обращения 14 сентября 2021 г.).

4. *Официальный интернет-портал Национального статистического комитета Республики Беларусь (2021 г.)*, доступен по адресу: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/vneshnyaya-torgov lya/ (дата обращения 28 сентября 2021 г.).

5. Беляков, Д., *Китайские горизонты Беларуси СОНАР-2050*, доступно по адресу: https://www.sonar2050.org/publications/aktualnoe-sostoyanie-i-vyzovy-dlya-belorussko kitayskih-otnosheniy-po-itogam-2017-goda/ (по состоянию на 01 октября 2021 г.).

6. *Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (2021 г.)*, доступен по адресу: https://mshp.gov.by/news/eb4ef9e336de0c5c.html/ (дата обращения 27 сентября 2021 г.).

7. TrendEconomy, *Годовая статистика международной торговли товарами*, доступно по ад-

REFERENCES

1. Zhao Quyan (2021), *Covid is not a hindrance – trade between Belarus and China turned out to be stress-resistant*, available at: https://www.belta.by/comments/view/kovid-ne-pomeha-torgovlja-belarusi-i-knr-okazalas-stressoustojchivoj-7641/ (accessed 28 september 2021).

2. Weihua, Shi, *Perspektivy razvitiya ehksporta Kitajskoj Narodnoj Respubliki i Respubliki Belarus* [Prospects for export development of the People's Republic of China and the Republic of Belarus], Master's thesis on specialty 1-25 81 07 "Economics and management at the enterprise", Minsk, 2019, Belarusian State University, 72 p.

3. *The official Internet portal of the Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Belarus (2021*), available at: https://mfa.gov.by/trade/ (accessed 14 september 2021).

4. *The official Internet portal of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus (2021)*, available at: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/vneshnyaya-torgovlya/ (accessed 28 september 2021).

5. Belyakov, D., *Chinese Horizons of Belarus SONAR-2050*, available at: https://www.sonar2050.org/publications/aktualnoe-sostoyanie-i-vyzovy-dlya-belorussko kitayskih-otnosheniy-po-itogam-2017-goda/ (accessed 01 october 2021).

6. *The official Internet portal of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus (2021),* available at: https://mshp.gov.by/news/eb4ef9e336de0c5c.html/ (accessed 27 september 2021).

7. TrendEconomy, *Annual statistics of international trade in goods*, available at: https://trendeconomy.ru/data/h2/China/TOTAL/

ресу: https://trendeconomy.ru/data/h2/China/TOTAL (по состоянию на 29 сентября 2021 г.).

8. *Официальный интернет-портал Министерства экономики Республики Беларусь (2021 г.)*, доступен по адресу: https://economy.gov.by/ru/ttn-ru/ (дата обращения 01 октября 2021 г.).

9. Го, Линь (2017), *Модель государственного регулирования экономики КНР: опыт для Республики Беларусь*, Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08.00.05 – экономика и управление народным хозяйством, Минск, 2017, Белорусский государственный университет , 22 с.

(accessed 29 september 2021).

8. *Official Internet portal of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus (2021),* available at: https://economy.gov.by/ru/ttn-ru/ (accessed 01 october 2021).

9. Guo, Lin (2017), *Model of state regulation of the economy of the People's Republic of China: experience for the Republic of Belarus*, Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences in the specialty 08.00.05 – economics and management of the national economy, Minsk, 2017, Belarusian State University , 22 p.

Статья поступила в редакцию 12. 10. 2021 г.

ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАСТЕРОВ В ЭКОНОМИКЕ КИТАЯ И ЕГО АДАПТАЦИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

EXPERIENCE IN THE FORMATION OF CLUSTERS IN THE CHINESE ECONOMY AND ITS ADAPTATION FOR THE DEVELOPMENT OF CLUSTERING IN THE REPUBLIC OF BELARUS

УДК 334.764.47(510)

https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-191-201

Г.А. Яшева*, Ю.Г. Вайлунова

Витебский государственный технологический университет

G. Yasheva*, Yu. Vailunova

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

КЛАСТЕР, КЛАСТЕРИЗАЦИЯ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ, МЕРЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Цифровизация социально-экономического пространства является объективной закономерностью развития научно-технического прогресса и характеризуется новыми методами генерации, обработки, хранения, передачи информации во всех сферах жизнедеятельности человека. Это явление повлияло на процессы кластеризации. Кластеры играют значительную роль в экономике страны. В статье анализируется опыт Китая в организации кластеров. Исследованы процессы кластеризации в Республике Беларусь. Обобщив опыт Китая, сформулированы направления развития кластеризации в Республике Беларусь в условиях цифровизации экономики.

ABSTRACT

CLUSTER, CLUSTERING, DIGITALIZATION OF THE ECONOMY, CLUSTERING MEASURES

The digitalization of the social and economic space is an objective regularity in the development of scientific and technological progress and it is characterized by new methods of generating, processing, storing, transferring information in all spheres of human activity. This phenomenon has affected the clustering processes. Clusters play a significant role in the country's economy. China's experience in the organization of clusters is analyzed in the article. Clustering processes in the Republic of Belarus is investigated. Summarizing the experience of China, the directions for the development of clustering in Belarus in the context of the digitalization of the economy are formulated.

INTRODUCTION

The importance of clusters consists of created economic benefits, advantages that may contain several areas. The benefits of clusters are noted by M. Porter [5]: efficient use of assets and specialized suppliers. Another benefit arises from the increase in potential for innovation. In cooperation, companies and research institutions can achieve higher levels in studies, i.e. innovation stimulated in the innovative continuous communication process with customers and other companies. The constant concern for innovation led to the concept of an innovative cluster [6]. Another advantage of clusters is a decrease in the risk of failure in the development of the enterprise. An important factor that leads to the economic success of the cluster is the actions of the government through the state policy system together with government agencies and other collaborating institutions [6]. Government organizations contribute to the interaction between cluster participants by creating networks, specialized platforms and collective action support, which makes it easier and faster than ideas to improve the use of assets of companies in a cluster and cluster success.

These practices are carried out to increase cluster efficiency and speed up the growth process and the development of newly created clusters.

* E-mail: *gala-ya@list.ru* (G. Yasheva)

The public sector can also play a central role in the preparation of cluster members and other private sector organizations to cooperate. Communication and cooperation arise not only among the relevant members of clusters, but also between several categories of clusters within the region or between cluster and independent providers. A strong cluster affects not only its sector, but also the relevant industry branches, being a growth factor, due to its numerous connections between the industrial sectors.

The digitalization of the social and economic space is an objective regularity in the development of scientific and technological progress and is characterized by new methods of generating, processing, storing, transferring information in all spheres of human activity. This phenomenon has affected the clustering processes [14].

The role and importance of clusters in increasing innovation and the competitiveness of the economy of the Republic of Belarus are studied in the work of N.I. Bogdan, A.E. Daineko, S.M. Dedkova, M.M. Kovaleva, M.V. Myasnikovich, L.N. Nehhoroshev, V.M. Rudenkova, A. G. Shumilina and others.

In China, the study of clusters was carried out by Wang Jici, Zhang Hong, Liu Shuguang, Yang Hua, Li Jizi and others. The question related to the study and analysis of the positive experience of advanced countries was not considered, despite the fairly complete theoretical development of the cluster and clustering concept. At the same time, such an analysis can be useful from the position of a comprehensive study of issues related to the problem under consideration, as well as a clear representation of the state and the development of the clustering process in the Republic of Belarus. The relevance of the problem and its economic importance for the Republic of Belarus has determined the choice of goals and objectives of the study. The purpose of the study is to analyze clusters in China and the Republic of Belarus, identify positive trends and problems, on the basis of which we formulate areas for the development of clustering in the Republic of Belarus. The purpose of the study determined the formulation and solving the following tasks:

– to analyze China's experience in the organization of clusters;

– to analyze clustering processes in the Republic of Belarus;

– to summarize the experience of China and formulate directions for the development of clustering in the Republic of Belarus in the conditions of digitalization of the economy.

CHINA'S EXPERIENCE IN THE ORGANIZATION OF CLUSTERS

The quantitative growth and rapid development of cluster structures in China is due, among other things, to the features that are inherent in East Asian economies, namely, economic systems are being transformed within local territories into clusters to create conditions for the development of entrepreneurial activity; foreign investment plays a major role in shaping the structure of local networks; freedom in making economic decisions by regional and local authorities and the presence at the regional level of industry associations of firms [15].

Certain regions and industrial cities specialize in the production of certain goods and have become the world centers of production in these areas. Most industrial clusters in China emerged spontaneously, as in many other countries. But the government, especially local authorities, provided all possible support to the process of their development. Chinese clusters operate mainly in labor-intensive manufacturing sectors with low added value.

Chinese clusters are industrial zones where thousands of similar enterprises are located, not just of one industry, but producing one narrow product line. Examples include the following: the world's largest electronics assembly site, Huaqiang Bei, is located near Shenzhen, Guangdong Province, where 10,322 high-tech enterprises operated in 2017. Near the city of Hangzhi (Jiangsu) in the Yangzhou cluster, 80 % of Chinese toothbrushes (22 % of the world market) are produced. The Xingtang denim cluster is located near the city of Zengcheng (Guangdong), where more than 5,000 factories produce 2.5 million units of denim clothing every day, or 60 % of total Chinese production. More than 1,500 factories produce 80 % of Chinese knives in Yangjiang (Guangdong), 70 % of the world's lighters are produced near Wenzhou (Zhejiang), 80 % of Chinese ties (30 % of world production) are produced in Shengzhou

(Zhejiang) and other clusters [4]. Such territorial entities are called production clusters or block economies in Chinese literature.

The speed of implementation and dissemination of innovations in the industry, the advantages of personnel training and exchange of experience, instant information exchange in the industry based on local professional databases, the convenience of holding industry exhibitions and communication with clients, a decrease in transport work throughout the country are noted by Chinese scientists as the advantages of production clusters, except economies of scale.

Currently, the largest leading companies have already formed in all sectors of the Chinese industry. This makes it possible to create clusters from scratch, which, from the very beginning, can immediately provide 20–30 % of the Chinese volume of the industry's output [4].

Local authorities approve plans to create new clusters for a period of 3–5 years. The Made in China 2025 Program emphasizes that the declared production capacity in new industries will also be created by cluster groups with the participation of small businesses.

According to the Chinese Academy of Social Sciences and the ranking of the 100 largest industrial clusters in China, the clusters can be characterized by:

– uneven geographical distribution, which is typical for industrial clusters throughout China: about 80 % of clusters are located in coastal provinces;

– specializing in a wide range of products – coastal industrial clusters, specializing in manufacturing products – central and western regions;

– professionalism and high-tech industrial clusters;

– a greater share of small enterprises among the representatives of the cluster, which employ up to 60 people, and there are few large enterprises, for example, 70 % of subjects in the garment industry are small enterprises.

Figure 1 below shows the geographical distribution of industrial clusters in China and their industrial specialization. Chinese clusters are mainly localised in the Eastern area of the Country

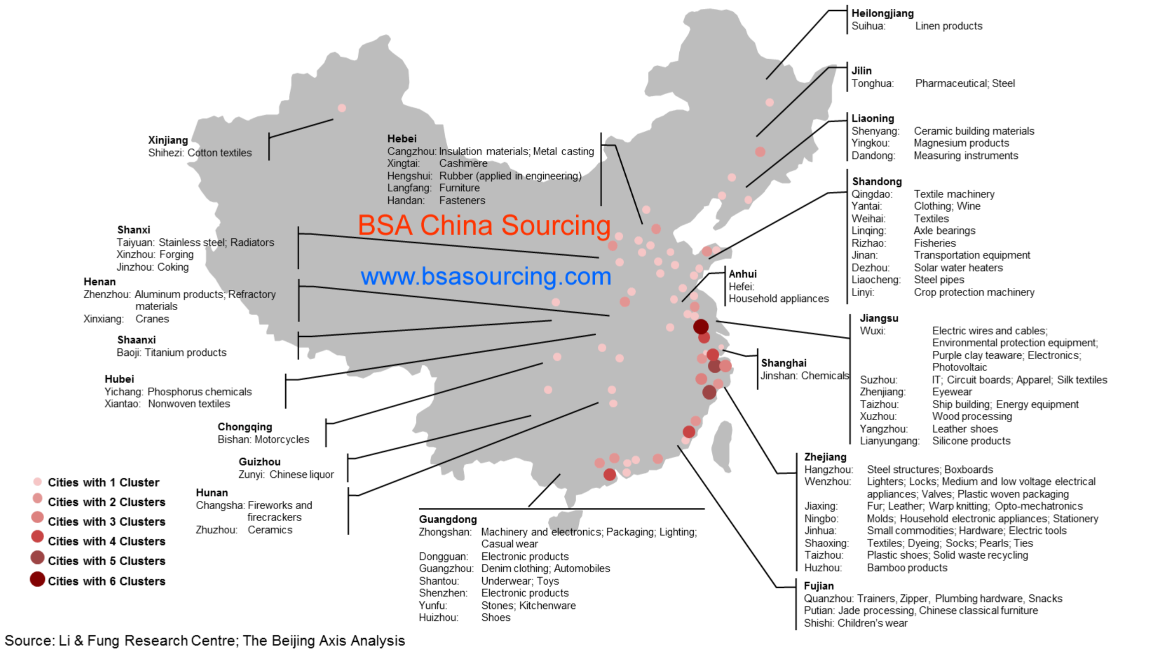


Figure 1 – Industrial clusters in China

Source: [1].

and their concentration grows, moving towards Southeast. The biggest agglomerations of clusters are mainly located in the Provinces of Jiangsu, Shanghai, Zhejiang, Fujian and Guangdong, areas where the GDP per capita is generally higher than the national average.

One study says that in 2014, there were 947,000 enterprises in China in 2,530 clusters. Another study identified more than 500 clusters in Zhejiang province and 240 clusters in 60 specialized cities in Guangdong province, which produce up to 90 % of the province's industrial output [4].

The number of clusters, both large and small, can amount to dozens in China. Here are some examples. Clusters for the production of ties and lighters operate in Zhejiang province, producing respectively 30 and 70 % of the volume of these products in the world. The automotive cluster is located in Guangdong province, formed around Nissan, Honda and Toyota car assembly plants, where suppliers of components, manufacturers of rubber, engines, spare parts, car seats, auto accessories, etc. are concentrated. Three shoe clusters operate in Guangzhou, Chengdu and Wenzhou, formed by a government decision as part of a shoe industry development program. Green technologies are developing in clusters such as Shenzhen, Jiangsu and Sichuan. A software outsourcing cluster has emerged in Dalian, as local professionals speak Korean and Japanese better than others. The clusters of modern agricultural production are Shandong, Beijing and Changshe. High-tech clusters have been formed in Shanghai, Beijing and Shenzhen, for example, for the production of medical equipment [7].

Now there is a shift of manufacturing clusters in China from south to north, where labor and rent are cheaper. The course taken from export to domestic consumption also leads to cluster drift, their smooth shift from coastal regions to inland ones [7].

The main reasons for creating successful clusters in China are as follows.

– The open door policy. Almost all of the clusters were formed after the discovery of China. Reforms and an open door policy provided a macroeconomic environment that allowed the private sector to grow and attract foreign investment to China. Before the reforms, all private enterprises were officially banned. In addition, the market shortage of goods resulting from the planned economy contributed to the need to fill these gaps, which was the reason for the existence of numerous clusters that have arisen in a short period of time.

– A deep history of manufacturing or commercial activity in a particular sector, which has been the basis for the creation of many Chinese clusters. The transfer of accumulated knowledge and skills to entrepreneurs in the field of production and trade, as well as traditions from generation to generation through family and kinship ties played an important role in the formation of clusters.

– Cheap natural and human resources, which are especially important for clusters that use natural resources.

– Foreign direct investment, concentrated mainly on the eastern side of the Pearl River Delta region, in the Dongguan, Huizhou and Shenzhen regions. The economies of these clusters are driven by overseas Chinese and foreign firms.

– Improving efficiency and reducing barriers to entry. In many Chinese clusters, companies operate in different production segments as well as in related industries, therefore, they form functioning value chains and production networks with an efficient division of labor.

– Proximity to major markets and infrastructure. Most of the clusters are located in the coastal region, close to international markets, or in locations close to major railways, highways and ports. This advantage is especially important for export-oriented clusters.

– Assisting the government in moving industry inland. Many coastal clusters have begun to move inland due to rising costs, limited land resources and stringent environmental requirements in recent years. Government policies have been instrumental in this, but these movements are largely based on market choices, in which government plays a primarily facilitating role.

– Local government support. Chinese clusters receive help and support from the authorities, where government aid is directed to existing clusters that have begun to benefit [2, 3].

The support from the Chinese authorities for the clusters is aimed at:

- infrastructure building (the Chinese

government pays great attention to roads, water supply, electricity and telephone lines and creates specialized markets or industrial parks to facilitate business activity);

• setting quality standards and control (local authorities control product quality and compliance with standards to ensure the competitiveness of manufactured products in these clusters, which improves the business environment, contributes to the normal functioning of clusters and the dynamic growth of attracted investments);

• technologies, skills and support for innovation in the following areas: development of technological innovation and modernization; the dissemination of knowledge, technology and skills through inter-firm linkages (many clusters have benefited from interaction with state-owned enterprises and from attracting foreign investment, which created the basis for cluster development and provided them with important technologies); innovative and technological support from education and science, government agencies (in addition to government actions, universities and research institutes also support innovation and technology modernization in clusters.

• financial support (local governments provide certain incentives, including land, tax cuts or exemptions, and access to credit and loans to attract qualified businesses to clusters) [2, 3].

The developed Chinese clusters are closely connected with free economic zones and technology parks. For example, Zhangjiang was created on the basis of the Zhangjiang Hi-Tech Park, which grew up in the Pudong Economic Development Zone. Enterprises that have emerged in the cluster area and operate in it are distinguished by their full involvement in cooperative interactions. Producers and suppliers are concentrated on one territory; financial organizations that support the production process, and, of course, logistics enterprises. All are closely related to each other, so the Chinese cluster is a well-oiled mechanism with great potential [7].

ANALYSIS OF CLUSTERING PROCESSES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

The existing management mechanism in the Republic of Belarus is characterized by the following main features:

– low level of competitive environment;

– high degree of concentration and monopolization of production;

– the presence of a rigid hierarchical system of economic management, the predominance of vertical bonds over horizontal;

– the presence of a significant public sector of the economy, which brings together mainly organizations using technology of the 3rd and 4th technological paradigms;

– insufficient level of development of small and medium-sized businesses.

These main features determine the institutional environment, taking into account the need to reform and the development of which the cluster development of the national economy should be carried out. In this regard, as the main conditions for the cluster development of the economy of the Republic of Belarus, it can be considered:

– consistent reform of property relations, providing for the formation of a significant sector of small and medium-sized businesses, and, as a result, a favorable competitive environment;

– Investment and structural restructuring of the economy, aimed at the gradual replacement of traditional industries, exhausted their life cycle on an existing technological basis, sectors of the high-tech industries using the technology of the 5th and 6th technological paradigms.

In addition to the system-wide restrictions which objectively determine the insufficient use in Belarus of the cluster model of economic development of Belarus, there are a number of problematic issues that impede the formation of innovative industrial clusters, including the absence of:

– sufficient quantity of qualified specialists competent in the development and implementation of cluster initiatives and projects, including civil servants;

– regulatory legal framework governing activities in the field of cluster development of the economy;

– specialized infrastructure of cluster development;

– significant practical experience of targeted preparation and implementation of cluster initiatives and projects, including with the participation of state bodies, business entities of the state-owned ownership.

Insufficient popularization and promotion of the idea of using a cluster development model in a professional community of citizens involved in management and business issues is noted.

In the Republic of Belarus, a cluster approach to the innovative development of the economy was reflected in state program documents, as well as in the interstate program of innovative cooperation of the CIS member states for the period up to 2030. So, in the Republic of Belarus, a cluster approach to economic development of the economy was reflected in the program documents – The program of social and economic development of the Republic of Belarus for 2021–2025 (Decree of the President of the Republic of Belarus July 29, 2021 № 292) [12], The state program of Innovative Development of the Republic of Belarus in 2021–2025 (Decree of the President of the Republic of Belarus September 15 2021 № 348) [13], The National Strategy for Sustainable Social and Economic Development of the Republic of Belarus for the period up to 2030 [11]. Creating clusters protruding as points of growth of the regional and national economy is provided for by all the programs.

The legislative mechanisms of cluster initiatives are defined in the Republic of Belarus, however, the process of their implementation is extremely slow. The main reasons for such a situation include the lack of a clear state policy and the target program indicating the sources and amounts of financing, the significant practical experience of the implementation of cluster initiatives.

The purpose of the state cluster policy in the Republic of Belarus marked in the Concept of Formation and Development of Innovative and Industrial Clusters in the Republic of Belarus and measures for its implementation (Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus January 16, 2014, № 27) [9] is to create conditions for increasing the competitiveness of the national economy through the introduction of a cluster development model.

In accordance with this purpose, the following tasks of the state cluster policy are determined:

– formation of a regulatory legal framework governing the activities in the field of cluster development of the economy;

– identification of priority areas for the formation and development of clusters and monitoring in the field of cluster development of the economy;

– creation of conditions for the training of managers and specialists in cluster development of the economy;

– creating conditions for the development and implementation of cluster initiatives and projects;

– formation and ensuring the functioning of the system of state support for a cluster model of economic development [9].

In recent years, a number of measures in the field of cluster development have been taken in the Republic of Belarus:

1) a regulatory legal framework is formed, including acts:

– The Concept of Formation and Development of Innovative and Industrial Clusters in the Republic of Belarus and measures for its implementation (Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus January 16, 2014, № 27) [9];

– The methodical recommendations for the organization and implementation of monitoring cluster development of the economy (Resolution of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus December 01, 2014 № 90) [10];

– The State Program Small and Medium Entrepreneurship in 2021–2025 (Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus January 29, 2021 № 56) [8];

– The state program of Innovative Development of the Republic of Belarus in 2021–2025 (Decree of the President of the Republic of Belarus September 15, 2021 № 348) [13], which involves the formation of cluster structures that ensure an effective chain of implementing innovative ideas from its development before finding a specific consumer.

2) The cluster development support infrastructure is created:

– the functions of state regulation of cluster development of the economy are entrusted with the Ministry of Economics and Committees of the regional executive committees (Minsk City Executive Committee);

– organized and conducted outreach activities for promoting a cluster development model;

– organized in 2015 monitoring of cluster development of the economies of the regions, Minsk;

– prepared and published with a circulation of 500 copies of the Guide to the creation and organization of clusters in the Republic of Belarus.

On the basis of the analysis, it is possible to conclude the ineffectiveness of cluster policy, since in the Republic of Belarus the processes of clustering are slower than in neighboring countries: Poland – 161 clusters, in Russia – 115 clusters. There have been and created only 4 clusters in Belarus (IT-cluster in Minsk based on the scientific and technological association Infopark and the High-Tech Park; Innovative and industrial cluster in the field of biotechnology and green economy of Pripyat Polesie on the basis of Polesie State University and Technology Park Polesie; pharmaceutical cluster (medical and pharmaceutical) cluster of the Vitebsk region on the basis of the union of business entities Medicine & Pharmaceuticals and Innovative Projects (unites about 10 organizations); cluster created in the field of instrument making of the city of Minsk and the Minsk region on the basis of the Association Innovative Instrument Making). The mechanism of state support for clusters in the Republic of Belarus does not contribute to the development of clusters, the increase in the number of clusters occurs at a slow pace, the reason for the additional costs of creating a cluster. In the Republic of Belarus, the emphasis was placed on the regional aspect of state clustering, since it is for the regional economy that the clusters protrude growth points.

7 years have already passed since the moment of taking a cluster concept. The external environment has undergone significant changes. Digitalization has become the main trend of the development of the economy and society based on the introduction of elements of Industry 4.0. There appeared premises of the transformation of clusters: the development of ICT and digitalization of society, the development of network forms of relationships between the subjects, democratization of knowledge thanks to the Internet. In the conditions of the digital transformation caused by the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0), there is a need to adapt cluster policies to increase its efficiency.

DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF CLUSTERING IN THE REPUBLIC OF BELARUS IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF THE ECONOMY

The following clusterization measures in the Republic of Belarus (Table 1) are proposed taking into account the experience of clustering in China, as well as the trend of the digitalization of the economy.

The growth factors of the economy as a result of clustering are:

– creating new business models;

– creating high-tech jobs;

– increasing involvement in active economic activity;

– improving labor productivity;

– enhancing innovation;

– expansion of sales markets;

– creating new partnerships;

– improving product quality due to digital value.

CONCLUSIONS

Thus, in the context of digitalization, clusters play a significant role in the country's economy. Clusters have a number of advantages: lower transaction costs, higher labor productivity, increased innovation, effective market promotion, and others. The proposed clustering measures in the Republic of Belarus, taking into account the experience of clustering in China, as well as the trend of digitalization of the economy, will increase the competitiveness and efficiency of the economy of the Republic of Belarus.

Table 1 – Recommended clustering measures in the context of digitalization of the economy of Belarus

State support measures for clustering	Essence
Identification of clusters in the economy	Cluster analysis (drawing up a cluster card)
Education and preparation of representatives of the public sector and business circles	–Holding seminars and trainings; – development of methodological materials for entrepreneurs and officials; – selection and training of specialists who will distribute the ideas of clusters
Creating cluster infrastructure to control the clustering process	–centers of cluster development; – non-commercial partnerships; – business incubators; – cluster development institutions; – Agency for cluster policies under the Government of the Republic of Belarus; – regional development agencies; – Special institutions for the development, construction of network structures and their internationalization; – grades-forming funds
Ensuring cluster initiatives and cooperation through organizational and economic methods	Organizational support for cluster initiatives by: providing premises and equipment for the joint activities of cluster participants; Organization of interaction of cluster enterprises with subjects of innovative infrastructure, educational institutions and science
Communication cooperation	Creating: databases for subjects of clusters, business platforms (technological, purchasing, etc.), information systems for finding and classifying clusters; Internet portals and Internet platforms (Internet platform training, non-managing and cooperation; Distance education business schools for cluster entities, virtual business incubators, Social Business Network Cluster)
Economic stimulation and financial support for cooperation of cluster subjects in innovation, education, marketing	–Financing on the conditions of PPP Creating Cluster Infrastructure (Centers of Cluster Development, Startup-Schools, Business Angels, Skill Centers, Centers of Cluster Initiatives, etc.); – competitive financing of investment cluster projects, granting grants for the development of new technologies in the cluster; – Providing subjects of clusters: benefits in collaboration in education and research, state guarantees to banks for investment projects of cluster entities

Source: compiled by the authors.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Best 100 China Industrial Clusters Map+ Complete Guide+Tips (2018), available at: https://www.bsasourcing.com/best-100-china-industrial-clusters-map-complete-guide-tips (accesed 25 September 2021).

2. Бурук, А. Ф., Убоженко, Е. В. (2019), Опыт дирижистской кластерной политики Азии и Китая, Экономика: вчера, сегодня, завтра, Том 9, № 9А, 2019, С. 49–57. DOI: 10.34670/AR.2019. 91.9.006, режим доступа: http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2019-9/6-buruk-ubozhenko.pdf, (дата доступа 30.09.2021).

3. Jankowiak, A. H. (2012), Chinese industrial clusters, Innovation Sources of Economies in Eastern Asia, 2012, pp. 164–173, available at: https://www.dbc.wroc.pl/Content/18023/PDF/Jankowiak_Chinese_Industrial_Clusters_2012.pdf (accesed 15 September 2021).

4. Калашников, Д. Б. (2020), Территориальное планирование промышленного развития Китая, режим доступа: https://mirec.mgimo.ru/upload/ckeditor/files/spatial-planning-of-industrial-development-in-china.pdf, (дата доступа 15.09.2021).

5. Porter, M. E. (1998), Clusters and the new economics of competition, Harvard Business Review, vol. 76, № 6, 1998, pp. 77–90, available at: https://www.clustermapping.us/sites/default/files/files/resource/Clusters_and_the_New_Economics_of_Competition.pdf (accesed 24 September 2021).

6. Porter, M. (2003), The Economic Performance of Regions, Regional Studies, 2003, Vol. 37, P. 549–578.

7. Производственно-логистические кластеры КНР: специализация и производство товаров в Поднебесной, режим доступа:

REFERENCES

1. Best 100 China Industrial Clusters Map+ Complete Guide+Tips (2018), available at: https://www.bsasourcing.com/best-100-china-industrial-clusters-map-complete-guide-tips (accesed 25 September 2021).

2. Buruk, A. F., Ubozhenko, E. V. (2019), The Experience of Asia-China Dirigistic Cluster Policy, Economics: Yesterday, Today, Tomorrow, Vol. 9, № 9A, 2019, P. 49–57. DOI: 10.34670/AR.2019. 91.9.006, available at: http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2019-9/6-buruk-ubozhenko.pdf (accesed 30 September 2021).

3. Jankowiak, A. H. (2012), Chinese industrial clusters, Innovation Sources of Economies in Eastern Asia, 2012, pp. 164–173, available at: https://www.dbc.wroc.pl/Content/18023/PDF/Jankowiak_Chinese_Industrial_Clusters_2012.pdf (accesed 15 September 2021).

4. Kalashnikov, D. B. (2020), Territorial planning of industrial development of China, available at: https://mirec.mgimo.ru/upload/ckeditor/files/spatial-planning-of-industrial-development-in-china.pdf (accesed 15 September 2021).

5. Porter, M. E. (1998), Clusters and the new economics of competition, Harvard Business Review, vol.76, № 6, 1998, pp. 77–90, available at: https://www.clustermapping.us/sites/default/files/files/resource/Clusters_and_the_New_Economics_of_Competition.pdf (accesed 24 September 2021).

6. Porter, M. (2003), The Economic Performance of Regions, Regional Studies, 2003, Vol. 37, P. 549–578.

7. Production and logistics clusters of the PRC: specialization and production of goods in China, available at: https://chinalogist.ru/book/articles/obzory/proizvodstvenno-logisticheskie-klastery-knr-specializaciya-i-

https://chinalogist.ru/book/articles/obzory/proizvodstvenno-logisticheskie-klastery-knr-specializaciya-i-proizvodstvo (дата доступа 15.09.2021).

8. Государственная программа «Малое и среднее предпринимательство на 2021–2025 годы» (Постановление Совета Министров Республики Беларусь 29.01.2021 № 56), режим доступа: https://www.economy.gov.by/uploads/files/gos-progr-2021-2025/gos-progr-na-2021-2025.pdf (дата доступа 29.09.2021).

9. Концепция формирования и развития инновационно-промышленных кластеров в Республике Беларусь и мероприятий по ее реализации (Постановление Совета Министров Республики Беларусь 16.01.2014, № 27), режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/C21400027_1390424400.pdf (дата доступа 29.09.2021).

10. Методические рекомендации по организации и осуществлению мониторинга кластерного развития экономики (Постановление Министерства экономики Республики Беларусь 01.12.2014, № 90), режим доступа: https://clusterland.by/wp-content/uploads/2020/03/postanovlenie-minekonomiki-90-o-monitoringe-klasternogo-razvitiya-1.docx (дата доступа 29.09.2021).

11. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года (Протокол заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь 02.05.2017, № 10), режим доступа: https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitija-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf (дата доступа 29.09.2021).

12. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы (Указ Президента Республики Беларусь 29.07.2021, № 292), режим доступа: proizvodstvo (accesed 15 September 2021).

8. The State Program Small and Medium Entrepreneurship in 2021–2025 (Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus January 29, 2021 № 56), available at: https://www.economy.gov.by/uploads/files/gos-progr-2021-2025/gos-progr-na-2021-2025.pdf (accesed 29 September 2021).

9. The Concept of Formation and Development of Innovative and Industrial Clusters in the Republic of Belarus and measures for its implementation (Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus January 16, 2014 № 27), available at: https://pravo.by/upload/docs/op/C21400027_1390424400.pdf (accesed 29 September 2021).

10. The methodical recommendations for the organization and implementation of monitoring cluster development of the economy (Resolution of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus December 01, 2014 № 90), available at: https://clusterland.by/wp-content/uploads/2020/03/postanovlenie-minekonomiki-90-o-monitoringe-klasternogo-razvitiya-1.docx (accesed 29 September 2021).

11. The National Strategy for Sustainable Socio-Economic Development of the Republic of Belarus for the period up to 2030 (Minutes of the meeting of the Presidium of the Council of Ministers of the Republic of Belarus May 02, 2017, № 10), available at: https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitija-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf (accesed 29 September 2021).

12. The program of socio-economic development of the Republic of Belarus for 2021–2025 (Decree of the President of the Republic of Belarus July 29, 2021 № 292), available at: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100292 (accesed 29 September 2021).

https://pravo.by/document/?guid=3871&-p0=P32100292 (дата доступа 29.09.2021).

13. Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы (Указ Президента Республики Беларусь 15.09.2021 № 348), режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/P32100348_1632171600.pdf (дата доступа 29.09.2021).

14. Вайлунова, Ю. Г., Яшева, Г. А. (2019), Методические аспекты оценки уровня и перспектив развития интеграционных связей организации в контексте создания кластерных структур, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2019, № 1 (36), pp. 187–203.

15. Wang, J. (2007), Industrial Clusters in China: The Low Road vs. the High Road in Cluster Development. In: Development on the Ground: Clusters, Networks and Regions in Emerging Economies. Ed. by A.J. Scott, G. Garofoli, London: Routledge, 2007, pp. 145–164.

13. The state program of Innovative Development of the Republic of Belarus in 2021–2025 (Decree of the President of the Republic of Belarus September 15, 2021 № 348), available at: https://pravo.by/upload/docs/op/P32100348_1632171600.pdf (accesed 29 September 2021).

14. Vailunova, Y. G., Yashava, G. A. (2019), Methodical aspects of level and the prospects assessment of organization's integration communications in the context of cluster structures development [Metodicheskie aspekty ocenki urovnya i perspektiv razvitiya integracionnyh svyazej organizacii v kontekste sozdaniya klasternyh struktur], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologi-cheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2019, № 1 (36), pp. 187–203.

15. Wang, J. (2007), Industrial Clusters in China: The Low Road vs. the High Road in Cluster Development. In: Development on the Ground: Clusters, Networks and Regions in Emerging Economies. Ed. by A.J. Scott, G. Garofoli, London: Routledge, 2007, pp. 145–164.

Статья поступила в редакцию 02. 11. 2021 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамович Наталья Анатольевна	–	кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет
Борисова Татьяна Михайловна	–	кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви», Витебский государственный технологический университет
Буланчиков Игорь Анатольевич	–	старший преподаватель кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Буркин Александр Николаевич	–	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Вайлунова Юлия Геннадьевна	–	кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономическая теория и маркетинг», Витебский государственный технологический университет
Вайтехович Петр Евгеньевич	–	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Машины и аппараты химических и силикатных производств», Белорусский государственный технологический университет
Гречаников Александр Викторович	–	кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет
Демидова Мария Александровна	–	аспирант кафедры «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Демченко Елена Владимировна	–	кандидат экономических наук, доцент кафедры «Маркетинг», Белорусский государственный экономический университет
Деркаченко Павел Григорьевич	–	старший преподаватель кафедры «Информационные системы и автоматизация производства», Витебский государственный технологический университет
Дубко Надежда Александровна	–	магистр экономических наук, ассистент кафедры «Учет, финансы, логистика и менеджмент», Полоцкий государственный университет
Зимина Елена Леонидовна	–	кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви», Витебский государственный технологический университет

Зорина Татьяна Геннадьевна	– доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры «Логистика и ценовая политика», Белорусский государственный экономический университет
Казарновская Галина Васильевна	– кандидат технических наук, профессор кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет
Кветковский Дмитрий Игоревич	– старший преподаватель кафедры «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Ковчур Андрей Сергеевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Лашкина Елена Витальевна	– старший преподаватель кафедры «Водоснабжение, химия и экология», Белорусский государственный университет транспорта
Левшицкая Ольга Романовна	– старший преподаватель кафедры «Финансы и коммерческая деятельность», Витебский государственный технологический университет
Лисовский Дмитрий Леонидович	– аспирант кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет
Манак Павел Иванович	– директор, ОАО «Обольский керамический завод»
Милеева Екатерина Сергеевна	– магистр технических наук, аспирант кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет
Мульц Владислав Геннадьевич	– аспирант кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Мытько Дмитрий Юрьевич	– аспирант кафедры «Машины и аппараты химических и силикатных производств», Белорусский государственный технологический университет
Ольшанский Валерий Иосифович	– кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедой «Теплоэнергетика», Витебский государственный технологический университет

Панкевич Дарья Константиновна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет
Парманчук Вера Владимировна	– инженер-конструктор 2 категории научно-технического центра, ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ»
Потёмкина Татьяна Георгиевна	– магистр экономических наук, старший преподаватель кафедры «Экономика транспорта», Белорусский государственный университет транспорта
Прохоренкова Ирина Александровна	– магистр экономических наук, аспирант кафедры «Маркетинг», Белорусский государственный экономический университет
Рыклин Дмитрий Борисович	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
Слонимская Марина Андреевна	– доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Учет, финансы, логистика и менеджмент», Полоцкий государственный университет
Советникова Ольга Петровна	– кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Финансы и коммерческая деятельность», Витебский государственный технологический университет
Столяренко Владимир Ильич	– аспирант кафедры «Теплоэнергетика», Витебский государственный технологический университет
Фурашова Светлана Леонидовна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви», Витебский государственный технологический университет
Шелег Валерий Константинович	– доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, заведующий кафедрой «Технологии машиностроения», Белорусский национальный технический университет
Ясинская Наталья Николаевна	– доктор технических наук, заведующий кафедрой «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет
Яшева Галина Артемовна	– доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономическая теория и маркетинг», Витебский государственный технологический университет

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Abramovich Natallia	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor, Chair of the Department “Design and Fashion”, Vitebsk State Technological University
Alshanski Valeri	– Candidate of Sciences (in Engineering), Professor, Chair of the Department “Heat-power Engineering”, Vitebsk State Technological University
Borisova Tatsiana	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Design and Technology of Clothing and Footwear”, Vitebsk State Technological University
Bulanchikov Igor	– Senior Lecturer at the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Burkin Alexander	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Demchenko Elena	– Candidate of Sciences (in Economics), Associate Professor at the Department “Marketing”, Belarus State Economic University
Demidova Maria	– Postgraduate Student at the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Dubko Nadezda	– Master of Economics, Assistant at the Department “Accounting, Finance, Logistics and Management”, Polotsk State University
Dzerkachenka Pavel	– Senior Lecturer at the Department “Information Systems and Production Automation”, Vitebsk State Technological University
Furashova Svetlana	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Design and Technology of Clothing and Footwear”, Vitebsk State Technological University
Hrachanikau Aliaksandr	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Kazarnovskaya Galina	– Candidate of Sciences (in Engineering), Professor at the Department “Design and Fashion”, Vitebsk State Technological University

Kovchur Andrej	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University
Kvetkovsky Dzmitry	– Senior Lecturer at the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Lashkina Elena	– Senior Lecturer at the Department “Water Supply, Chemistry and Ecology”, Belarusian State University of Transport
Levshitskaya Olga	– Senior Lecturer at the Department “Finance and Commercial Activity”, Vitebsk State Technological University
Lisouski Dmitry	– Postgraduate Student at the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Manak Pavel	– Director, Obolsky Ceramic Plant JSC
Mileeva Katsirina	– Master of Engineering, Postgraduate Student at the Department “Design and Fashion”, Vitebsk State Technological University
Mults Uladislau	– Postgraduate Student at the Department “Technology and Equipment of Machine-Building Production”, Vitebsk State Technological University
Mytsko Dzmitry	– Postgraduate Student at the Department “Machines and Apparatus for Chemical and Silicate Production”, Belarusian State Technological University
Pankevich Darya	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Technical Regulation and Commodity Science”, Vitebsk State Technological University
Parmanchuk Vera	– Design Engineer of Scientific and Technical Center, OJSC «BELAZ» – Management Company of Holding «BELAZ-HOLDING»
Potyomkina Tatiana	– Master of Economics, Senior Lecturer at the Department “Transport Economic”, Belarusian State University of Transport
Prokhorenkova Irina	– Master of Economics, Postgraduate Student at the Department “Marketing”, Belarus State Economic University

Ryklin Dzmitry	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department “Textile Technology”, Vitebsk State Technological University
Sheleh Valery	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Chair of the Department “Technology of Mechanical Engineering”, Belarusian National Technical University
Slonimska Marina	– Doctor of Science (in Economics), Professor at the Department “Accounting, Finance, Logistics and Management”, Polotsk State University
Sovetnikova Olga	– Candidate of Sciences (in Economics), Associate Professor, Chair of the Department “Finance and Commercial Activity”, Vitebsk State Technological University
Stolyarenko Vladimir	– Postgraduate Student at the Department “Power Engineering”, Vitebsk State Technological University
Vailunova Yulia	– Candidate of Sciences (in Economics), Associate Professor at the Department “Economic Theory and Marketing”, Vitebsk State Technological University
Vaytsekhovich Petr	– Doctor of Science (in Engineering), Professor, Professor at the Department “Machines and Apparatus for Chemical and Silicate Production”, Belarusian State Technological University
Yasheva Galina	– Doctor of Science (in Economics), Professor, Chair of the Department “Economic Theory and Marketing”, Vitebsk State Technological University
Yasinskaya Natalia	– Doctor of Science (in Engineering), Chair of the Department “Ecology and Chemical Technologies”, Vitebsk State Technological University
Zimina Elena	– Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department “Design and Technology of Clothing and Footwear”, Vitebsk State Technological University
Zoryna Tatiana	– Doctor of Science (in Economics), Associate Professor, Professor at the Department “Logistics and Pricing Policy”, Belarus State University of Economics

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

1. Научно-технический журнал «Вестник Витебского государственного технологического университета» выходит два раза в год. К печати допускаются статьи по трем тематическим направлениям:

- технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения;
- химическая технология и экология;
- экономика.

2. Рукописи, направляемые в журнал, должны являться оригинальным материалом, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

3. К рукописи статьи необходимо приложить следующие материалы:

- заявку с названием статьи, тематическим направлением (из п. 1), к которому она подается, списком авторов и их личными подписями. В заявке необходимо указать согласие авторов на размещение полного текста статьи на сайтах журнала «Вестник ВГТУ» (http://vestnik.vstu.by/rus/) и Научной электронной библиотеки (http://elibrary.ru/). В случае выполнения исследований в рамках финансируемых проектов или грантов необходимо указать источник финансирования;
- реферат на языке оригинала объемом 100–250 слов – на русском или белорусском языке. Реферат оформляется по ГОСТ 7.9–95, включает ключевые слова и следующие аспекты содержания статьи: предмет, тему и цель работы, метод или методологию проведения работы, результаты работы, область применения результатов, выводы. Последовательность изложения содержания статьи может быть изменена. Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте реферата;
- авторскую аннотацию (abstract), название статьи и ключевые слова – на английском языке. Аннотация призвана выполнять функцию независимого источника информации, должна быть информативной, оригинальной, то есть не дублировать текст реферата, структурированной; объем аннотации должен составлять 100–250 слов;
- сопроводительное письмо от организации, где выполнялась работа, или выписку из протокола заседания кафедры (для авторов, являющихся сотрудниками ВГТУ);
- экспертное заключение о возможности опубликования представленных материалов в открытой печати;
- справку, содержащую сведения об авторах (место работы, должность, ученая степень, адрес, телефон, e-mail, идентификационный номер ORCID, если они имеются) – на русском и английском языках. Требуется также указывать транслитерированное (с использованием букв латинского алфавита) название места работы автора, которое можно получить, воспользовавшись бесплатной программой транслитерации русского языка в латиницу на сайте http://www.translit.ru/;
- электронный вариант всех материалов, кроме сопроводительного письма (выписки из протокола заседания кафедры) и экспертного заключения.

4. Структура принимаемых к опубликованию статей следующая: индекс УДК; название статьи; фамилии и инициалы авторов; текст статьи; список использованных источников.

5. В тексте статьи должны быть последовательно отражены: состояние проблемы до начала ее изучения авторами; цель представленной работы и задачи, которые были решены для ее достижения; методика проведенных исследований; анализ полученных результатов, их научная новизна и практическая ценность; выводы. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. В выводах должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения. При необходимости должны быть также указаны границы применимости полученных результатов.

6. Список использованных источников оформляется отдельно в конце статьи; ссылки на публикации должны быть вставлены в текст в виде номера публикации в списке, заключенного в квадратные скобки. Ссылки на неопубликованные работы (диссертации, отчеты, депонированные рукописи) не допускаются. В библиографическом описании источника указываются фамилии и инициалы всех авторов, год издания (в круглых скобках), название источника (для статей – название журнала курсивом), номера страниц. Каждый источник должен иметь автора. Если упоминается сборник под редакцией, то в качестве автора указывается первый из редакторов. Если работа выполнена коллективом организации и конкретные авторы не указаны, в качестве автора указывается организация.

Если использованный источник опубликован не на английском языке, его библиографическое описание необходимо привести на языке оригинала и дополнить переводом на английский язык и транслитерацией всей указываемой в описании информации.

Примеры перевода и транслитерации библиографического описания (оформление соответствует требованиям, описанным выше для русскоязычного описания) приведены в таблицах.

Характеристика источника	**Рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard reference system)**
Книга	Nenashev, M. F. (1993), *Poslednee pravitelstvo SSSR* [Last government of the USSR], Moscow, Krom Publ., 221 p. Kanevskaya, R. D. (2002), *Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov* [Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development], Izhevsk, 140 p.
Статья из журнала	Zagurenko, A. G., Korotovskikh, V. A., Kolesnikov, A. A., Timonov, A. V., Kardymon, D. V. (2008), Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing [Tekhniko-ekonomicheskaya optimizatsiya dizaina gidrorazryva plasta], *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry*, 2008, № 11, pp. 54–57.
Статья из электронного журнала	Swaminathan, V., Lepkoswka-White, E., Rao, B. R. (1999), Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange, *Journal of Computer-Mediated Communication,* Vol. 5, № 2, available at: www.ascusc.org/ jcmc/ vol 5/ issue 2/.
Материалы конференции	Usmanov, T. S., Gusmanov, A. A., Mullagalin, I. Z., Muhametshina, R. Ju., Svechnikov, A. V. (2007), Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing [Osobennosti proektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniem gidrorazryva plasta], New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact, *Proceedings of the 6th International Technological Symposium*, Moscow, 2007, pp. 267–272.
Электронные источники	*APA Styl*e (2011), available at: http: //www.apastyle.org/apa-style-help.aspx (accesed 5 February 2011). Pravila Tsicirovaniya Istochnikov [Rules for the Citing of Sources], (2011), available at: http: //www.scribd.com/doc/1034528/ (accesed 7 February 2011).

Характеристика источника	Рекомендации по оформлению русскоязычного библиографического описания
Книга	Ненашев, М. Ф. (1993), *Последнее правительство СССР*, Москва, Кром, 221 с. Каневская, Р. Д. (2002), *Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов*, Ижевск, 140 с.
Статья из журнала	Загуренко, А. Г., Коротовских, В. А., Колесников, А. А., Тимонов, А. В., Кардымон, Д. В. (2008), Технико-экономическая оптимизация дизайна гидроразрыва пласта, *Нефтяное хозяйство*, 2008, № 11, С. 54–57.
Материалы конференции	Усманов, Т. С., Гусманов, А. А., Муллагалин, И. З., Мухаметшина, Р. Ю., Свечников, А. В. (2007), Особенности проектирования разработки месторождений с применением гидроразрыва пласта, Новые ресурсосберегающие технологии недропользования и повышения нефтегазоотдачи, *Труды 6-го Международного технологического симпозиума*, Москва, 2007, С. 267–272.

Также подробные рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard reference system) практически для всех видов публикаций даны на сайте http://www.emeraldinsight.com/authors/guides/write/harvard.htm?part=2.

7. Список использованных источников должен включать ссылки на актуальные научные публикации по теме статьи. Не менее 50 % списка источников должны составлять ссылки на научные публикации, изданные в течение последних 10 лет. Излишнее самоцитирование не допускается. Количество ссылок на работы автора (соавторов) статьи не должно превышать 25 % от числа цитируемых научных публикаций.

8. Оформление статьи должно удовлетворять следующим требованиям:

- статьи подаются на русском, белорусском или английском языке;
- объем публикации должен составлять от 14 000 до 22 000 печатных знаков (4–10 страниц), набранных шрифтом Times New Roman 12, с полями по 20 мм на сторону и одинарным межстрочным интервалом;
- в файлах не должно быть макросов, колонтитулов и других сложных элементов форматирования;
- исключается автоматическая или ручная расстановка переносов;
- формулы набираются в прикладной программе Microsoft Eguation 3.0, входящей в состав MS Office 2007, Times New Roman 12 полужирный курсив. Межстрочный интервал перед строкой формул составляет от 6 до 10 пт.;
- таблицы располагаются после первого упоминания в тексте. При этом они не должны дублировать сведения, отображенные на графиках. Заголовки таблиц располагаются по центру страницы. Табличные данные – по центру или выравниваются по левому краю. Шрифт – Times New Roman чёрный от 9 до 12 пт. Заливка не используется;
- иллюстрации располагаются после первого упоминания о них в тексте. Каждая иллюстрация должна иметь подрисуночную надпись (Times New Roman, 11 пт). Графики и диаграммы представляются как рисунки, выполняются в графическом редакторе, совместимым с MS Word. Для названия осей координат и указания их размерности применяют шрифт Times New Roman от 9 до 11 пт. Фотографии должны иметь контрастное черно-белое изображение. В электронном виде фотографии представляются в стандартах растровой графики JPG, Tiff, BMP, PCX разрешением не менее 300 dpi;
- иллюстрации, графики, диаграммы, формулы и таблицы должны быть сохранены на электронном носителе каждый отдельным

файлом, файл должен называться по названию аналогичного элемента в тексте;

- иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. Нумерация формул приводится арабскими цифрами в круглых скобках по правому краю страницы; порядковые номера ссылок на использованные источники должны быть написаны внутри квадратных скобок;
- распечатка статьи должна полностью соответствовать приложенному файлу.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются.

9. Авторы статей несут ответственность за достоверность приводимых в статье данных и результатов исследований.

10. Редакция не взимает плату за опубликование научных статей.

11. Редакция предоставляет возможность первоочередного опубликования статей, представленных лицами, осуществляющими послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство) в год завершения обучения.

12. Поступившие в редакцию статьи после предварительной экспертизы на соответствие предъявляемым требованиям направляются на рецензию специалистам. Окончательное решение о публикации принимается на заседании редакционной коллегии с учетом результатов рецензирования.

13. Отклоненные редколлегией рукописи статей авторам не возвращаются. В случае возврата статьи автору на доработку датой представления считается день получения редакцией исправленной рукописи.

14. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения в тексте статьи, реферате и abstract, не искажающие основное содержание статьи.

15. Статьи представляются в редакцию по адресу: 210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72, Берашевич Ирине Васильевне. Электронный вариант материалов допускается направлять по электронной почте на адрес vestnik-vstu@tut.by ответственному секретарю редакционной коллегии Рыклину Дмитрию Борисовичу.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 (41)

Вёрстка **Погорельская С.И.**

Редактор **Осипова Т.А.**

Дизайн обложки **Григорьева Н.В.**

Подписано в печать 27.12.2021. Печать ризографическая. Гарнитура PT Sans.
Усл. печ. листов 26,5. Уч.-изд. листов 22,3. Формат 60x90 $^{1}/_{8}$. Тираж 100 экз. Заказ № 209.

Свёрстано и подготовлено к печати редакционно-издательским отделом Витебского государственного технологического университета
210038, Республика Беларусь, г. Витебск,
Московский пр-т, 72.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

Полиграфическое исполнение — учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»
Отпечатано на ризографе УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»
210038, Республика Беларусь, г. Витебск,
Московский пр-т, 33.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/255 от 31 марта 2014 г.

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь № 2554 от 31 мая 2005 г.