

## Анализ структуры и свойств древесных наполнителей композиционных материалов для деталей низа обуви

К.О. Ермалович<sup>а</sup>, А.Н. Радюк, Ю.В. Дойлин  
Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь  
E-mail: <sup>а</sup>ermalovich110600karina@gmail.com

**Аннотация.** В статье описаны методики и оборудование для изучения структуры и свойств древесных наполнителей для полимерных композиционных материалов подошв обуви. Проведено распределение древесного волокна и пыли по их размерным характеристикам, исследованы химико-физические свойства. Анализ свойств и структуры подтвердил возможность использования древесно-волоконистой массы в качестве наполнителя для композиционных материалов подошв обуви.

**Ключевые слова:** древесное волокно, древесная пыль, композиционный материал, древесно-волоконистый наполнитель, отходы.

## Analysis of Structure and Properties of Wood Fillers of Composite Materials for Shoe Bottom Parts

K. Ermalovich<sup>a</sup>, A. Raduk, Y. Doylin  
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus  
E-mail: <sup>a</sup>ermalovich110600karina@gmail.com

**Annotation.** The paper describes the methods and equipment to study the structure and properties of wood fillers for polymer composite materials for shoe soles. The distribution of wood fiber and dust on its dimensional characteristics has been carried out, chemical and physical properties have been investigated. Analysis of properties and structure confirmed the possibility of using wood-fiber mass as a filler for composite materials for shoe soles.

**Key words:** wood fiber, wood dust, composite material, wood-fiber filler, waste.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перед кожевенно-обувной промышленностью остро стоит вопрос поиска альтернативного качественного сырья для изготовления обуви, обладающей высокими эксплуатационными свойствами. Согласно Указу Президента Республики Беларусь № 150 одним из приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 года является «Техника и технологии в сфере сбора, обезвреживания и использования отходов» [1]. Считается, что на сегодняшний день современные технологии переработки древесины позволяют всего лишь наполовину использовать биомассу дерева. Комплексное использование вторичных древесных ресурсов в обувном производстве для создания композиционных материалов (КМ), содержащих в качестве наполнителя мелкодисперсные отходы деревообрабатывающей промышленности, позволило бы не только увеличить конкурентоспособность обуви на мировом рынке за счет снижения ее стоимости, но и решить проблемы утилизации и переработки отходов.

Основными отходами деревообрабатывающего предприятия ОАО «Витебскдрев» являются щепы из коры и кусковых отходов, фанеры, обрезки ДВП, МДФ, а также древесная пыль (ДП) и древесное волокно (ДВ). За последнее десятилетие количество ежегодно образующихся отходов на ОАО «Витебскдрев» выросло почти на 28 % и составило более 65 млн тонн. В связи с этим в 2023 году на предприятии запланирован проект «Техническая модернизация объектов по измельчению древесных отходов», что позволит использовать крупные отходы производства для изготовления щепы, которая широко применяется в качестве биотоплива в собственных энергетических установках [2]. Помимо того на ОАО «Витебскдрев» ежемесячно образуются значительные объемы мелкодисперсных отходов, использование которых в качестве топливных ресурсов не целесообразно. Проблема рационального потребления дисперсных отходов, образующихся на производстве, остается открытой.

Анализ ингредиентов композиционных материалов является важной составляющей для получения

качественных изделий. Тип и качество наполнителя, а также связующий его полимер определяют физико-механические и эксплуатационные свойства (прочность, стойкость к многократным механическим воздействиям, жесткость, фрикционные, тепловые, электрические и другие свойства) композиционного материала и изделий из него [3, с. 21]. Большую роль в создании прочных и стойких изделий из полимерных КМ играют размер и физико-химические свойства наполнителя. Используя частицы различной формы или, изменяя ее в процессе получения композита, можно в широких пределах регулировать многие свойства ПКМ.

В связи с этим была поставлена следующая цель исследования: подтвердить возможность использования древесно-волоконной массы (ДВМ) для создания полимерных композитов для подошв обуви.

Объектами исследования являются древесная пыль и древесное волокно, как наполнители композиционных материалов для деталей низа обуви.

Предметом исследования являются геометрические размеры и физико-химические свойства древесно-волоконистых наполнителей.

В данной работе исследовали ДВМ марок 140, 180 на металлографическом микроскопе, который позволяет получать изображения объектов с увеличением 10X/0,25 BD, 20X/0,40 BD. Анализ и обработка изображений в режиме реального времени осуществлялись с помощью программного обеспечения Altami Studio.

Процентное соотношение различных фракций ДП и ДВ определяли на оптическом сортировщике волокна FiberCam 100 (рис. 1) и лабораторном ультразвуковом ситоанализаторе VU100. FiberCam 100 снабжен пневматической системой для транспортировки волокна и телекамерой, позволяющей получать изображения, на которых видны результаты оптического измерения, идентифицирующего и анализирующего волокно. Оптический сортировщик позволяет проводить измерения ДВМ неразрушающим методом и автоматически исключать чрезмерно скрученные и наложенные друг на друга волокна, что дает возможность получать более точные результаты эксперимента. Во время анализа система выдает график, показывающий объемное распределение различных фракций и результаты измерения с числовой индексацией.



Рисунок 1 – Оптический сортировщик волокна FiberCam 100

Лабораторный ультразвуковой ситоанализатор VU100 полностью соответствует нормам ЕС, оснащен стандартными ситами (табл. 1) и предназначен для просеивания материалов типа порошка, стружки и древесного волокна с целью разделения материала на основании их размерных характеристик. Аппарат снаружи представлен структурой из лакированного листа, внутри которой установлена колонна сит.

Исследуемый материал, расположенный на первом верхнем сите, просеивается вниз в результате ультразвуковых вибраций, осуществляемых двумя латексными мембранами. При прохождении вниз продукт оседает на ситах, в соответствии с размерами ячейковой сетки (рис. 2). Влажность волокон определялась согласно ГОСТу 3816-81 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих

свойств» [4]. Согласно методике, от точечной пробы ДВМ отбирают по две элементарные пробы ДВ и ДП и высушивают в открытом стаканчике для взвешивания до постоянной массы в сушильном шкафу при

температуре 107±2 °С. Затем пробы в закрытых стаканчиках помещают для охлаждения в эксикатор, заполненный CaCl<sub>2</sub>, и взвешивают повторно с погрешностью не более 0,1 г.

Таблица 1 – Диапазон стандартных сит лабораторного ультразвукового ситоанализатора VU100

Сетки для МДФ		
Франц. дюймы	Мм	Меш (число ячеек на линейный дюйм)
10	1,98	9,14
16	1,24	14,63
35	0,514	32
70	0,217	64
120	0,131	109,72
200	0,089	182,87

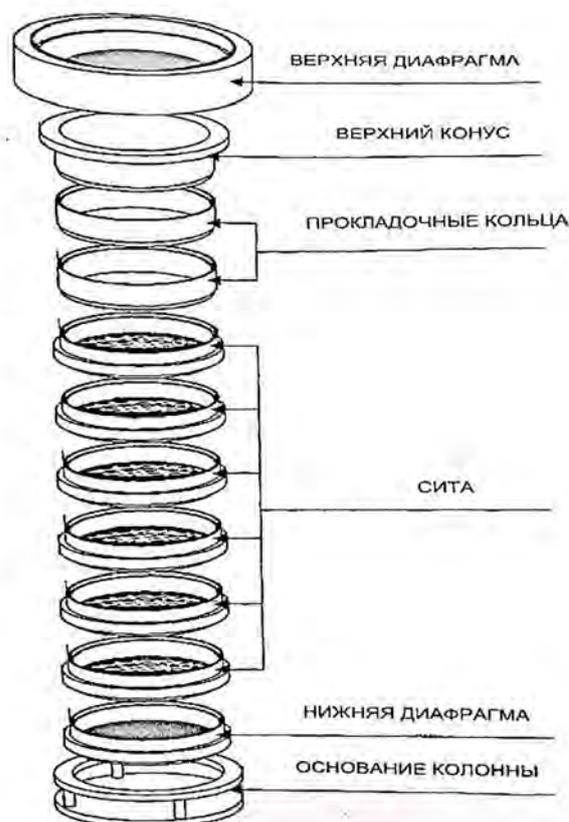


Рисунок 2 – Оптический сортировщик волокна FiberCam-100

Фактическая влажность ( $W\phi$ ) в процентах вычисляется по формуле:

$$W\phi = \frac{m_B - m_C}{m_C} * 100 \%,$$

где  $m_B$  – масса элементарной пробы до высушивания, г;  $m_C$  – масса элементарной пробы после высушивания до постоянной массы, г;

Гигроскопические свойства текстильных изделий

характеризуют их способность поглощать и отдавать водяные пары, воду. Кукин Г.Н. и Соловьев А.Н. предлагают следующую методику определения гигроскопичности волокон [3]. 3 элементарные пробы в открытых стаканчиках для взвешивания помещают в эксикатор с водой на 4 ч. Затем стаканчики закрывают, вынимают из эксикатора, взвешивают и высушивают до постоянной массы при указанной выше температуре. После высушивания и охлаждения в эксикаторе

стаканчики с элементарными пробами взвешивают.

Гигроскопичность ( $H$ ) в процентах вычисляют по формуле

$$H = \frac{m_B - m_C}{m_C} * 100 \%,$$

где  $m_B$  – масса увлажненной элементарной пробы, г;  $m_C$  – масса элементарной пробы после высушивания до постоянной массы, г;

За окончательный результат испытаний принимают среднее арифметическое результатов определений, вычисленное с погрешностью не более 0,01 % и округленное до 0,1%.

Согласно микроскопическому анализу древесное

волокно представляет собой трубочку, сплюснутую в зависимости от толщины стенок. На микроскопических снимках ДВМ отчетливо виден канал – характерная особенность всех растительных волокон (рис. 3).

Оцененный процент ДВ и ДП, количество исследованных частиц составили 98,80 % (139 601) и 96,80 % (121 914) соответственно. Наибольшее число древесных волокон приходится на длину 0,06–0,10 мм и составляет 20,20 %, на ширину 0,01–0,02 мм (35,60 %), на толщину 0,30–0,60 мм (35,90 %); наибольшее число частиц древесной пыли приходится на длину, ширину и толщину 0,05–0,50 мм и составляет 30,00 %, 85,80 %, 65,10 % (рис. 4–9).

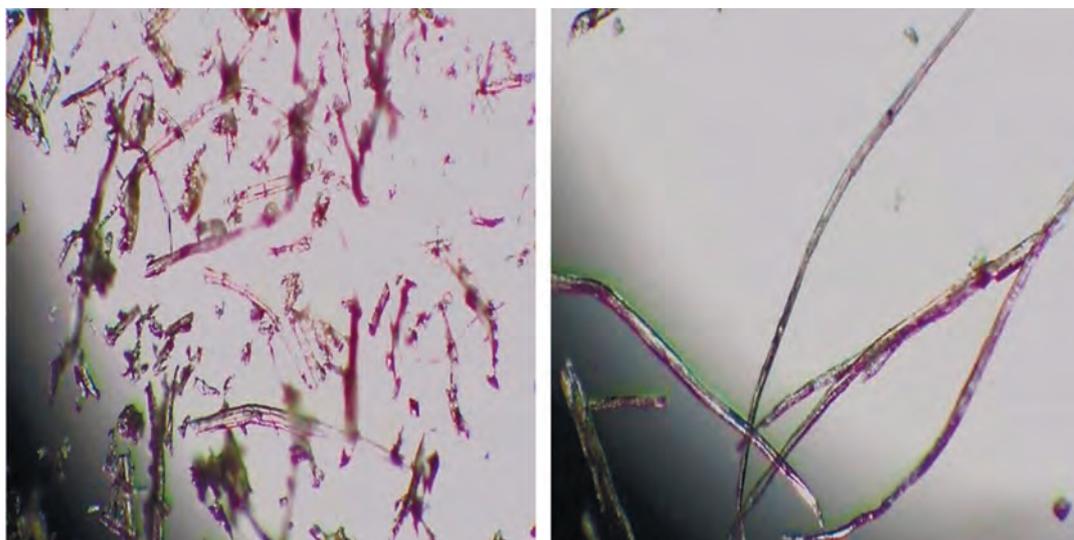


Рисунок 3 – Древесная пыль (слева) и древесные волокна (справа)

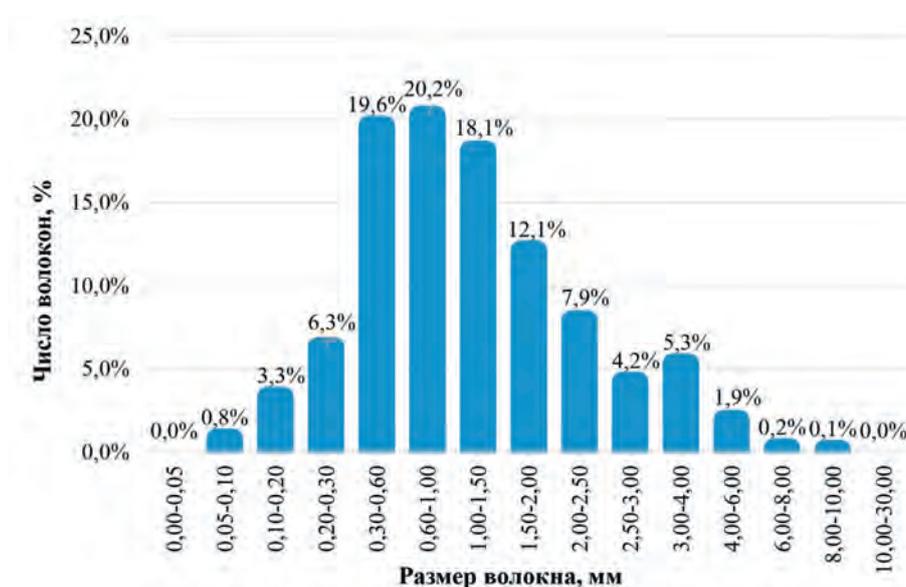


Рисунок 4 – Диаграмма распределения ДВ по длине

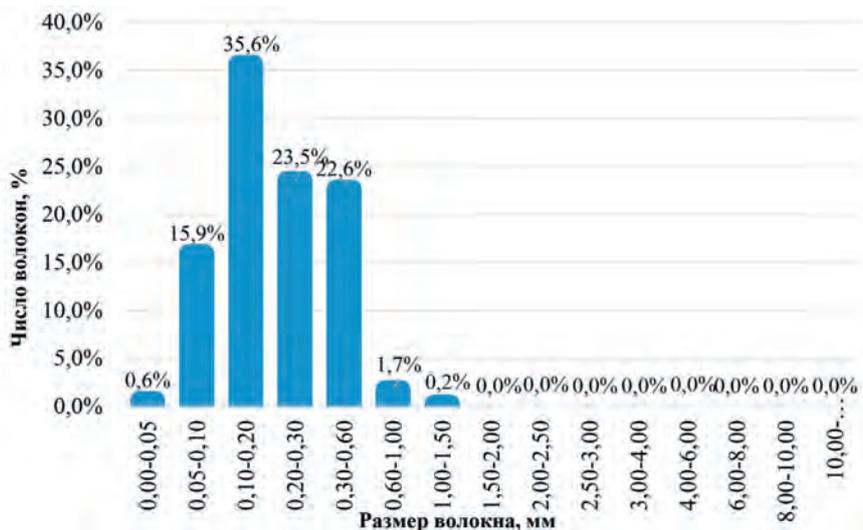


Рисунок 5 – Диаграмма распределения ДВ по ширине

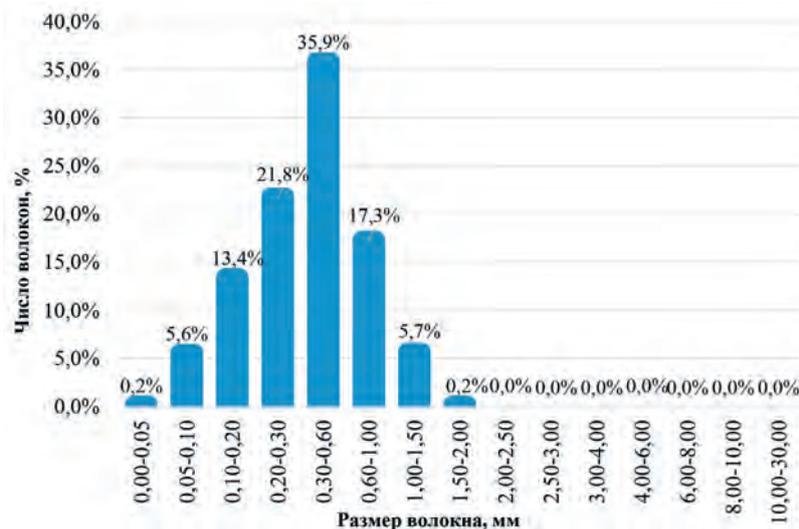


Рисунок 6 – Диаграмма распределения ДВ по толщине



Рисунок 7 – Диаграмма распределения ДП по длине

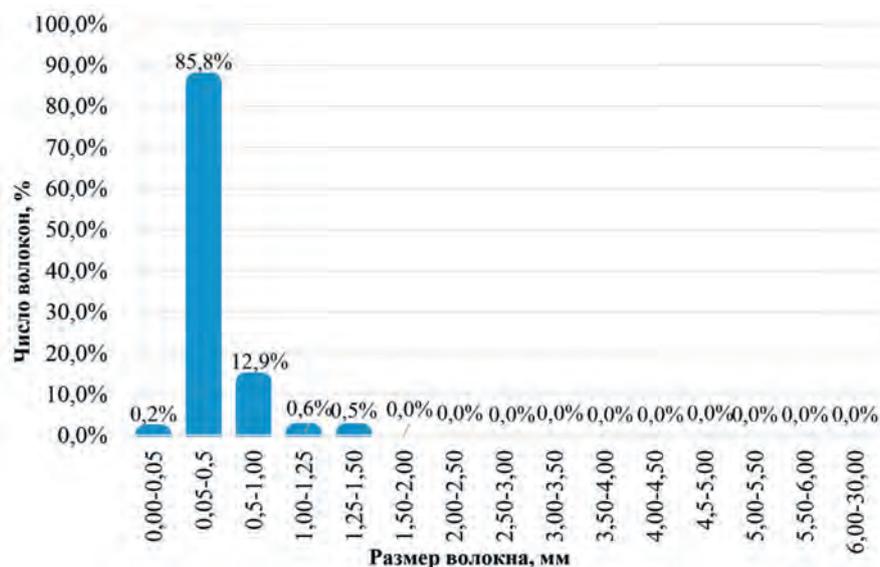


Рисунок 8 – Диаграмма распределения ДП по ширине

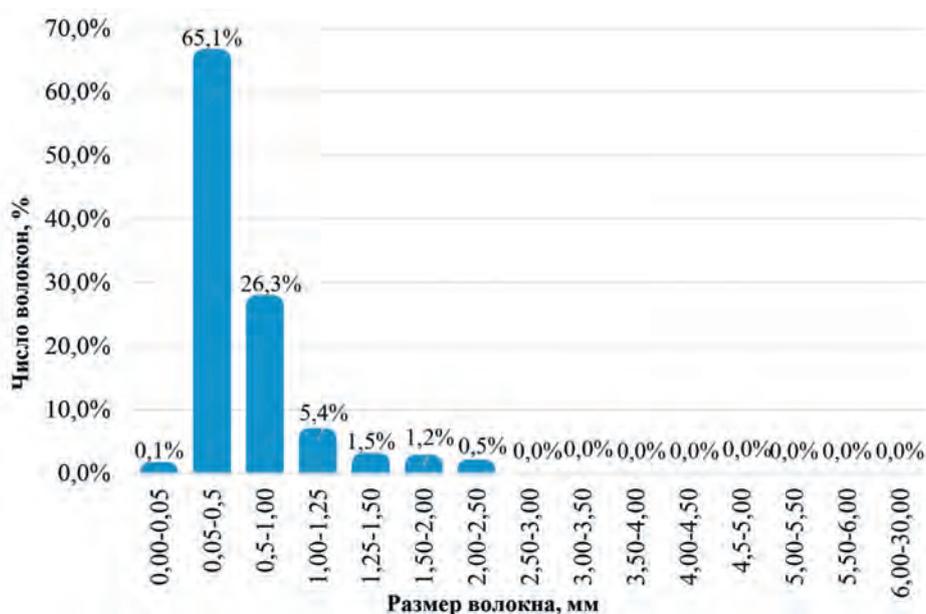


Рисунок 9 – Диаграмма распределения ДП по толщине

Средние значения длины и толщины древесного волокна и частиц древесной пыли представлены на рисунке 10.

Влажность древесно-волокнистой массы обусловлена ее химическим составом и строением, а именно наличием в каждом элементарном звене целлюлозы гидрофильных атомных групп. Древесное волокно обладает значительно превосходящими показателями гигроскопичности и влажности относительно древесной пыли (рис. 11), что связано с больши-

ми размерами внутренней поверхности волокна и ее доступности для водяных паров. В частности, влажность зависит от предыстории волокна: ДВ прежде чем попасть в отходы проходит длительный процесс сушки в специальных транспортных трубах. Отходы древесной пыли образуются в результате шлифовки уже готовой продукции ДВП и МДФ из древесины хвойных пород марок 140,180, которые считаются пригодными для использования их в качестве наполнителей полимерных композитов.

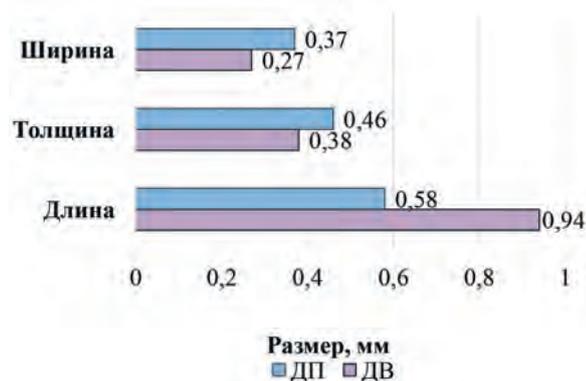


Рисунок 10 – Средние значения ширины, толщины и длины ДВМ



Рисунок 11 – Средние значения влажности и гигроскопичности ДВМ

Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать использование древесного волокна в качестве наполнителя для создания полимерных композиционных материалов для деталей низа обуви, так как ДВМ обладает относительно

постоянной влажностью, невысокой гигроскопичностью. Предполагается, что введение тонкодисперсного древесного наполнителя позволит улучшить комплекс физико-механических свойств композита.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы : Указ Президента Респ. Беларусь, 7 мая 2020 г., №156 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
2. Техническая модернизация объектов по измельчению древесных отходов. Оценка воздействия на окружающую среду : заявка 21-22 ОВОС / О. Л. Лебедев. – Оpubл. 2022.
3. Кукин, Г. Н. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению: учеб. пособие / Г. Н. Кукин [и др.]. – Москва : Легкая индустрия, 1974. – 390 с.
4. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. ГОСТ 3816-81 ; введ. 01.07.1982. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1982. – 14 с.

#### REFERENCES

1. On priority directions of scientific, scientific-technical and innovation activities for 2021–2025 : Decree of the President of the Republic of Belarus, May 7, 2020, No. 156 // National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus. – Minsk, 2020.
2. Technical modernization of wood waste shredding facilities. Environmental impact assessment : application 21–22 EIA / O. L. Lebedev. – Published. 2022.
3. Kukin, G. N. Laboratory practice on textile materials science : textbook / G. N. Kukin, A. N. Solov'ev, F. H. Sadykova et al. – Moscow : Light Industry, 1974. – 390 c.
4. Textile fabrics. Methods of determination of hygroscopic and water-repellent properties. GOST 3816-81 ; introduced. 01.07.1982. – Moscow : IPK Publishing House of Standards, 1982. – 14 c.

#### SPISOK LITERATURY

1. О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы : Указ Президента Респ. Беларусь, 7 мая 2020 г., № 156 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
2. Техническая модернизация объектов по измельчению древесных отходов. Оценка воздействия на окружающую среду : заявка 21-22 ОВОС / О. Л. Лебедев. – Оpubл. 2022.
3. Кукин, Г. Н. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению: учеб. пособие / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев, Ф. Н. Садикова и др. – Москва : Легкая индустрия, 1974. – 390 с.
4. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. ГОСТ 3816-81 ; введ. 01.07.1982. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1982. – 14 с.

Статья поступила в редакцию 29.11.2022.