

Научная статья  
УДК 677.026.44  
EDN LRPUSP  
doi 10.34216/2587-6147-2023-1-59-33-39

Альбина Альбертовна Азанова<sup>1</sup>

Александра Андреевна Сухова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

1 AzanovaAA@corp.knrtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3995-0009>

2 alexandra\_suhova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4283-7779>

## НЕТКАНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

*Работа выполнена при поддержке гранта № ГСГК-0143/21  
Благотворительного фонда Владимира Потанина.*

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема переработки текстильных отходов швейного производства. Кратко описаны основные направления их использования в производстве нетканых и композиционных материалов. Рассмотрено использование отходов прокладочных материалов – термоклеевых и утепляющих, на основе термопластичных волокон для изготовления нетканых материалов методом горячего прессования. Получены образцы и проведены испытания их механических свойств. Коэффициент вариации по толщине составил около 10 %. Установлено, что на жесткость образцов при изгибе влияют состав используемых отходов и температура прессования. Добавление отходов из термопластичных волокон приводит к повышению жесткости композита, а также способствует лучшему склеиванию частиц, как следствие, уменьшению толщины. Полученные материалы могут быть использованы в качестве прокладочных при изготовлении широкого ряда товаров потребления.

**Ключевые слова:** текстильные отходы, нетканые материалы, переработка отходов швейного производства, термоклеевые прокладочные материалы, горячее прессование, измельчение текстильных отходов, термоскрепление

**Для цитирования:** Азанова А. А., Сухова А. А. Нетканый материал на основе текстильных отходов // Технологии и качество. 2023. № 1(59). С. 33–39. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-1-59-33-39>.

Original article

Albina A. Azanova<sup>1</sup>

Alexandra A. Sukhova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

## NONWOVEN FABRIC FROM TEXTILE WASTE

**Abstract.** The article considers the problem of processing textile waste from garment production. The main directions of their use in the production of nonwoven fabric and composite materials are briefly described. The use of waste padding materials based on thermoplastic fibers in the manufacture of nonwovens by hot pressing is considered. Samples of nonwovens were obtained and mechanical properties were tested. The coefficient of variation in the thickness of the obtained materials is about 10%. The composition of the waste used and the pressing temperature affect the rigidity of the samples during bending. The addition of waste from thermoplastic fibres leads to an increase in the rigidity of the composite and contributes to better particle bonding and a decrease in thickness. The obtained materials can be used as pads in the manufacture of a wide range of consumer goods.

**Keywords:** textile waste, nonwovens, garment waste recycling, thermo glutinous gasket material, hot pressing, shredding of textile waste, thermal bonding

**For citation:** Azanova A. A., Sukhova A. A. Nonwoven fabric from textile waste. Technologies & Quality. 2023. No 1(59). P. 33–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-1-59-33-39>.

Ежегодный мировой объем текстильных отходов, включая нераспроданную одежду, по данным экспертов, достигает 92 млн т [1]. В России же ежегодно образуется 962 тыс. т текстильных отходов [2], причем переработке из них подлежит не более 10 % [3] – проблема утилизации и переработки таких отходов с каждым годом становится все острее. Одним из препятствий масштабной переработки текстильных отходов является экономическая целесообразность, которая определяется, в первую очередь, энергозатратами, стоимостью дополнительных материалов и трудоемкостью процесса. На сегодняшний день практически все промышленные технологии переработки текстильных отходов основаны на механических способах измельчения (разволокнения) для получения регенерированных волокон, вторичной пряжи, ваты, нетканых материалов разного назначения, строительных материалов и т. д. [4, 5]. Ведущими производителями промышленного оборудования для переработки текстильных отходов методом разволокнения являются фирмы: Laroche (Франция), Trützschler (Германия), Cormatex (Италия), Hergeth Hollingsworth (Германия), Rieter (Швейцария), Marzoli (Италия), Vefama (Польша).

Разволокненные и измельченные текстильные отходы широко используются для изготовления композитов посредством введения в различные матрицы: термопластичный полимер, термореактивные смолы, натуральные компоненты, бетон. Например, в бетоны различные типы волокон вводятся в качестве армирующего материала для обеспечения механической прочности. Текстильные отходы улучшают главным образом механические, акустические, тепловые и электрические характеристики композитных материалов [6, 7]. В работе [8] описано применение разволокненных текстильных отходов и отходов полипропиленовых мешков для получения композиционного материала путем прессования (пласт-формования) пластицированной композиции, область применения – теплоизоляционные элементы труб. Перспективным является направление использования измельченных текстильных отходов для получения биоразлагаемых материалов [9]. Есть примеры получения плитных материалов на основе отходов производства тафтинговых напольных покрытий, которые по показателям в некоторых случаях сравнимы с древесно-волоконистыми плитами и могут применяться в качестве отделочных или конструкционных материалов [10]. Строительные плиты, полученные методом горячего прессования из текстильных отходов

и древесной стружки, могут быть использованы в различных отраслях промышленности в качестве тепло- и звукоизоляции [6]. Существуют технологии, когда измельченные текстильные отходы механическим способом наносятся на предварительно подготовленную основу из бумаги и картона [11].

Одним из традиционных направлений переработки текстильных отходов является производство нетканых текстильных материалов, полученных разными способами скрепления структурных элементов: иглопробивным, вязально-прошивным, валяльным, адгезионным (клеевым) и т. д. [12]. Пример внешнего вида таких материалов приведен на рис. а–в. Разволокненные отходы могут применяться для изготовления звукопоглощающих нетканых материалов. Они имеют перспективы развития в автомобильной промышленности для различных целей благодаря легкости, звукоизоляционной способности, гибкости, формуемости (легкости придания неправильной формы), пригодности для вторичной переработки и низкой стоимости процесса изготовления и материалов [6].

Разработаны иглопробивные нетканые материалы, которые используются в строительстве в качестве теплоизоляционного материала [13, 14]. При этом могут применяться совместно отходы разного вида, например смеси вторичных хлопковых и полиэфирных волокон [15]. Есть примеры использования текстильных отходов в прессованном виде для изготовления декоративных стеновых панелей и элементов интерьерного декора [16] (рис. г). Таким образом, ассортимент нетканых материалов на основе текстильных отходов очень разнообразный, причем существующие промышленные технологии позволяют перерабатывать не только производственные, но и бытовые отходы, например на линиях фирмы Laroche [17] (рис. д). Современное оборудование и технологии позволяют получать конкурентоспособные изделия требуемого уровня качества [18].

Значительное количество среди отходов швейного производства занимают отходы прокладочных материалов: термоклеевых (ТКПМ) и утепляющих на основе термопластичных волокон. Авторами предлагается использование данных отходов для создания нетканых материалов, структурные элементы которых скрепляются в процессе термопрессования имеющимся на них связующим или за счет термопластичных волокон.

Для изготовления образцов использовали измельченные отходы ТКПМ нескольких видов:

с хлопчатобумажной (ХБ) и смесовой подложкой (ХБ + полиэфир (ПЭ)), ТКПМ на нетканой основе (флизелин) с точечным клеевым покрытием, а также отходы синтетического утепляющего материала (табл. 1).

Межлекальные отходы измельчали с помощью ножевой роторной мельницы РМ 120 М с применением решетки с отверстиями диаметром 3 мм. Измельченные отходы и их смеси прессовали между слоями материала подложки, которую использовали для укрепления и предохранения от осыпания. В качестве подложки применяли экономичный и доступный материал – хлопчатобумажную марлю и ткани «рипстоп» и «саржу» (табл. 1). Плотность укладки составляла 5 г отходов на 100 см<sup>2</sup>. Прессование

проводили на прессе ВТК-2000 в режимах: температура  $T=150...200$  °С, время прессования  $t=10...40$  с с обеих сторон образца, давление  $P=50$  Па.

Полученные образцы испытывали по известным методикам, жесткость при изгибе определяли методом консоли по ГОСТ 10550–93. Устойчивость к многократному изгибу определяли на приборе, описанном в ГОСТ 13868–74. Устойчивость полученных образцов к воздействию влаги определяли органолептически замачиванием образцов в воде и последующей оценкой состояния в мокром и высушенном при комнатной температуре виде. Результаты испытаний образцов, полученных при  $T=180$  °С,  $t=20$  с, приведены в табл. 2.



**Рис. Нетканые материалы на основе текстильных отходов:**  
 а – вязальнопрошивное полотно [19]; б – иглопробивное полотно [19]; в – войлок [20];  
 г – декоративные стеновые панели и элементы интерьерного декора [16];  
 д – образцы нетканых материалов Laroche [17]




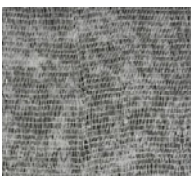


**Таблица 1**

**Характеристика отходов и материалов подложек**

№ образца	Материал	Вид	Состав, %	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>
1	Отходы	ТКПМ на основе вязанотканого полотна с точечным клеевым покрытием	ХБ – 100	100...200
2		ТКПМ на основе вязанотканого полотна с точечным клеевым покрытием	ПЭ – 80, ХБ – 20	70...120
3		ТКПМ на основе нетканого полотна с точечным клеевым покрытием	ПП, ПЭ	60...80
4		Нетканое полотно Холлофайбер	ПЭ	60...400
5	Подложка	Марля	ХБ – 100	32
6		Ткань «рипстоп»	ПЭ – 70, ХБ – 30	205
7		Ткань «саржа»	ХБ – 100	240

Т а б л и ц а 2

## Основные характеристики нетканых материалов на основе текстильных отходов

№ п/п	Компоненты полотна по слоям			Внешний вид	Толщина, мм	Коэффициент вариации по толщине, %	Жесткость при изгибе, тыс. мкН·см <sup>2</sup>	Устойчивость к многократному изгибу (1 тыс. циклов)
	I	II	III					
1	№ 5	№ 1	№ 5		1,6	7	825	Устойчив
2		№ 1 и № 3 в соотношении 1 : 1			1,7	3	1125	
3		№ 2			1,7	11	874	
4		№ 2 и № 3 в соотношении 1 : 1			1,6	9	960	
5		№ 1 и № 4 в соотношении 1 : 1			1,7	9	910	
6		№ 2 и № 4 в соотношении 1 : 1			1,7	11	950	
7	№ 6	№ 1	№ 5	-	2,3	6	920	Устойчив
8		№ 1 и № 3 в соотношении 1 : 1		-	2,0	5	1085	
9		№ 2		-	2,1	9	955	
10		№ 2 и № 3 в соотношении 1 : 1		-	1,8	8	1260	
11	№ 7	№ 1	№ 5	-	2,2	6	1400	
12		№ 1 и № 3 в соотношении 1 : 1		-	1,8	6	1600	
13		№ 2		-	1,8	11	1880	
14		№ 2 и № 3 в соотношении 1 : 1		-	1,8	8	1200	

Результаты испытаний показали, что коэффициент вариации по толщине полученных материалов составляет не более 11 %, что свидетельствует о достаточной равномерности данного показателя. Неравномерность толщины – неизбежное явление при получении материалов на основе отходов, которое вызвано неравномерностью размеров частиц измельченного сырья, а также неравномерностью перемешивания и распределения по поверхности. Установлено, что жесткость образцов при изгибе зависит от температуры прессования: с ее увеличением данный показатель повышается. Добавление отходов на основе термопластичных волокон – ТКПМ на нетканой основе (флизелина) и отходов нетканого полотна, приводит к повышению жесткости композита, а также способствует лучшему склеиванию частиц, как следствие, уменьшению толщины. Использование плотных тканей в качестве подложки (рипстоп, саржа) приводит к повышению жесткости и толщины пакета. В целом все образцы устойчивы к 1000 циклов изгибания (по указанной методике), однако наиболее устойчивыми оказались материалы с добавлением отходов материалов из термопластичных волокон. Эти же варианты показали наибольшую устойчивость к воздействию

влаги. Таким образом, наилучшими эксплуатационными характеристиками в данном случае обладают образцы с максимальным содержанием термопластичных волокон.

Полученные материалы могут использоваться в качестве прокладочных материалов для чехлов для ноутбуков, графических планшетов, нетбуков и других гаджетов; сумок; папок, а также чехлов для мебели (стулья, жесткие кресла). Изготовлена экспериментальная модель чехла для нетбука с использованием в качестве материала верха ткани рипстоп, отходов ТКПМ (смесь отходов аналогично № 4 табл. 2). В вопросах промышленной переработки отходов предлагаемым способом решающую роль будет играть подбор и технические характеристики оборудования.

### ВЫВОДЫ

Получены образцы нетканых материалов на основе измельченных отходов ТКПМ и утепляющих полотен из термопластичных волокон. Выявлено, что с увеличением доли термопластичных волокон в смеси жесткость полученных материалов, а также рассматриваемые эксплуатационные характеристики повышаются.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мода и свалки: трагические цифры // Фонд «Второе дыхание» : офиц. сайт. URL: <https://vtoe.ru/2018/11/15/moda-i-svalki-fragicheskie-tsify> (дата обращения: 18.11.2022).
2. Крюкова А., Каркина П. Почему сжигать отходы в котельных это не решение мусорного кризиса // Гринпис в России : офиц. сайт. URL: <https://greenpeace.ru/blogs/2022/08/03/pochemu-szhigat-othody-v-kotelnyh-jeto-ne-jekologichnoe-reshenie-musornogo-krizisa> (дата обращения: 18.11.2022).
3. Петришин Г. В России отсутствует специализированная инфраструктура сбора текстильных отходов // Ведомости : офиц. сайт. URL: [https://www.vedomosti.ru/ecology/protection\\_nature/articles/2022/11/10/949663-v-rossii-otsutstvuet-spetsializirovannaya-infrastruktura-sbora-tekstilnih-othodov](https://www.vedomosti.ru/ecology/protection_nature/articles/2022/11/10/949663-v-rossii-otsutstvuet-spetsializirovannaya-infrastruktura-sbora-tekstilnih-othodov) (дата обращения: 18.11.2022).
4. Хисамиева Л. Г., Азанова А. А. Ресурсосбережение в производстве изделий легкой промышленности : учеб. пособие. Казань : Изд-во КНИТУ, 2016. 84 с.
5. Герасимович Е. М. Проблемы и перспективы вторичной переработки отходов текстильной промышленности // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 5-1. С. 79–82.
6. Использование отходов текстильной промышленности в производстве строительных композитов / В. Е. Румянцева, В. С. Коновалова, Е. В. Румянцев, О. И. Одинцова, Н. С. Касьяненко // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6(396). С. 21–29.
7. Characterization of a textile waste nonwoven fabric reinforced cement composite for non-structural building components / P. Sadrolodabaeaa, J. Claramuntb, M. Ardanuyc, A. Fuentea // Construction and Building Materials. 2021. Т. 276. Р. 122179:1–122179:17.
8. Кордикова Е. И., Спиглазов А. В., Ставров В. П. Перспективы использования композиционных материалов на основе текстильных отходов и вторичных термопластичных полимеров в качестве теплоизоляции // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2009. № 4. С. 121–123.
9. Способ получения композиционного материала на основе отходов текстильной промышленности и арабиногалактана / Р. Г. Сафин, А. В. Сафина, К. В. Валеев, Р. Р. Фахрутдинов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6(396). С. 297–302.

10. Самылин А. С., Просвирницын А. В., Смирнов Г. П. Разработка и оптимизация технологии прессования текстильных волокнистых плит из волокнистых отходов, образующихся в результате производства тафтинговых напольных покрытий // *Дизайн. Материалы. Технология*. 2009. № 4. С. 37–40.
11. Коган А. Г., Зимина Е. Л. Технологии переработки текстильных отходов и способы их использования // *Переработка отходов текстильной и легкой промышленности: теория и практика : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ВГТУ. Витебск : Изд-во ВГТУ, 2016. С. 12–14.*
12. Парамонова Н. Российские переработчики текстиля лишились 85 % сырья из-за санкций // *Медиахолдинг РБК : офиц. сайт*. URL: <https://www.rbc.ru/business/19/05/2022/627e37ab9a7947805391736d> (дата обращения: 26.09.2022).
13. Temesggen F. F., Yerdaw Z., Yohannes G. Development of non-woven from recycled fabric selvedge wastes for functional sound absorption // *International Journal of Sustainable Engineering*. 2022. Т. 15, no 1. P. 138–145.
14. Development, characterization and thermal performance of insulating nonwoven fabrics made from textile waste / M. Wazna, A. Gounni, A. Bouari, M. Alami, O. Cherkaoui // *Journal of Industrial Textiles*. 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/322982943\\_Development\\_characterization\\_and\\_thermal\\_performance\\_of\\_insulating\\_nonwoven\\_fabrics\\_made\\_from\\_textile\\_waste](https://www.researchgate.net/publication/322982943_Development_characterization_and_thermal_performance_of_insulating_nonwoven_fabrics_made_from_textile_waste) (дата обращения: 18.11.2022).
15. Sharma R., Goel A. Development of Nonwoven Fabric from Recycled Fibers // *Journal of Textile Science & Engineering*. 2017. Vol. 7, no 2. URL: [https://www.researchgate.net/publication/317058837\\_Development\\_of\\_Nonwoven\\_Fabric\\_from\\_Recycled\\_Fibers](https://www.researchgate.net/publication/317058837_Development_of_Nonwoven_Fabric_from_Recycled_Fibers) (дата обращения: 18.11.2022).
16. От мягких тканей до прочных стен: FabBRICK изобретает новые строительные материалы с использованием переработанных текстильных отходов : офиц. сайт компании. URL: <https://designwanted.com/fabbrick-construction-materials-recycled-textile> (дата обращения: 26.09.2022).
17. Французская компания Laroche : офиц. сайт компании. URL: <https://laroche.fr> (дата обращения: 26.09.2022).
18. Омирова М. З., Чагина Л. Л., Груздева А. П. Комплексная оценка качества тентовых материалов // *Технологии и качество*. 2020. № 2(48). С. 3–7.
19. Втор-ком : офиц. сайт компании. URL: <https://vtor-kom.ru> (дата обращения: 26.09.2022).
20. Войлок-Биком // Офиц. сайт компании ООО «Биком». URL: <https://www.bicom.ru/blog/vojlok> (дата обращения: 26.09.2022).

#### REFERENCES

1. Fashion and Landfills: Tragic figures. The Foundation “Second wind” : official website. URL: <https://vtoroe.ru/2018/11/15/moda-i-svalki-tragicheskie-tsifry> (Accessed 18.11.2022).
2. Kryukova A., Korkina P. Why burning waste in boiler rooms is not a solution to the garbage crisis. Greenpeace in Russia : official website. URL: <https://greenpeace.ru/blogs/2022/08/03/pochemu-szhigat-othody-v-kotelnyh-jeto-ne-jekologichnoe-reshenie-musornogo-krizisa> (Accessed 18.11.2022).
3. Petrishin G. There is no specialized infrastructure for collecting textile waste in Russia. *Vedomosti* : official website. URL: [https://www.vedomosti.ru/ecology/protection\\_nature/articles/2022/11/10/949663-v-rossii-otsutstvuet-spetsializirovannaya-infrastruktura-sbora-tekstilnih-othodov](https://www.vedomosti.ru/ecology/protection_nature/articles/2022/11/10/949663-v-rossii-otsutstvuet-spetsializirovannaya-infrastruktura-sbora-tekstilnih-othodov) (Accessed 18.11.2022).
4. Khisamieva L. G., Azanova A. A. Resource conservation in the production of light industry products. Kazan, KNITU Publ., 2016. 84 p. (in Russ.)
5. Gerasimovich E. M. Problems and prospects of secondary processing of textile industry waste.\* *Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk* [Actual problems of humanities and natural sciences]. 2016;5-1:79–82. (In Russ.)
6. Rumyantseva V. E., Konovalova V. S., Rumyantsev E. V., Odintsova O. I., Kasiyanenko N. S. The use of textile industry waste in the production of building composites. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2021;6:21–29. (In Russ.)
7. Sadrolodabaeae P., Claramuntb J., Ardanuyc M., Fuentea A. Characterization of a textile waste nonwoven fabric reinforced cement composite for non-structural building components. *Construction and Building Materials*. 2021;276:122179:1–122179:17.
8. Kordikova E., Spiglazov A. V., Stavrov V. P. Prospects of composite materials based textile wastes and secondary thermoplastic polymers as insulation. *Trudy BGTU. Seriya 2: Himicheskie tekhnologii, bio-*

---

\*Перевод названия источника выполнен авторами статьи / Translated by author's of the article.

- tekhnologiya, geoekologiya* [Works of BSTU. Series 2: Chemical technologies, Biotechnology, geoecology]. 2009;4:121–123. (In Russ.)
9. Safin R. G., Safina A. V., Valeev K. V., Fakhrutdinov R. R. Method for obtaining composite material based on waste of the textile industry and arabinogalactan. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 202;6:297–302. (In Russ.)
  10. Samylin A. S., Prosvirnicyn A. V., Smirnov G. P. Development and optimization of the textile fibre boards pressing technology which uses raw material obtained from waste products of tufting floor covering manufactur. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2009;4:37–40. (In Russ.)
  11. Kogan A. G., Zimina E. L. Textile waste processing technologies and methods of their use\*. *Pererabotka othodov tekstil'noj i legkoj promyshlennosti: teoriya i praktika : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Recycling of textile and light industry waste: theory and practice: collection of articles]. Vitebsk, VSTU Publ., 2016, pp. 12–14. (In Russ.)
  12. Paramonova N. Russian textile processors lost 85 % of raw materials due to sanctions. RBC Media Holding : official website. URL: <https://www.rbc.ru/business/19/05/2022/627e37ab9a7947805391736d> (Accessed 26.09.2022).
  13. Temesggen F. F., Yerdaw Z., Yohannes G. Development of non-woven from recycled fabric selvedge wastes for functional sound absorption. *International Journal of Sustainable Engineering*. 2022;15;1:138–145.
  14. Wazna M., Gounni A., Bouari A., Alami M., Cherkaoui O. Development, characterization and thermal performance of insulating nonwoven fabrics made from textile waste. *Journal of Industrial Textiles*. 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/322982943\\_Development\\_characterization\\_and\\_thermal\\_performance\\_of\\_insulating\\_nonwoven\\_fabrics\\_made\\_from\\_textile\\_waste](https://www.researchgate.net/publication/322982943_Development_characterization_and_thermal_performance_of_insulating_nonwoven_fabrics_made_from_textile_waste). (Accessed 18.11.2022).
  15. Sharma R., Goel A. Development of Nonwoven Fabric from Recycled Fibers. *Journal of Textile Science & Engineering*. 2017;7;2: URL: [https://www.researchgate.net/publication/317058837\\_Development\\_of\\_Nonwoven\\_Fabric\\_from\\_Recycled\\_Fibers](https://www.researchgate.net/publication/317058837_Development_of_Nonwoven_Fabric_from_Recycled_Fibers). (Accessed 18.11.2022).
  16. From soft fabrics to solid walls: FabBRICK reinvents construction materials with recycled textile waste : official website. URL: <https://designwanted.com/fabbrick-construction-materials-recycled-textile> (Accessed 26.09.2022).
  17. Laroche : off. website of the company. URL: <https://laroche.fr> (Accessed 26.09.2022).
  18. Omirova M. Z., Chagina L. L., Gruzdeva A. P. Comprehensive quality assessment tent materials. *Tekhnologii i kachestvo* [Technology and quality]. 2020;2:3–7. (In Russ.)
  19. Vtor-kom : the official website of the company. URL: <https://vtor-kom.ru> (Accessed 26.09.2022).
  20. Felt-Bikom : the official website of the company. URL: <https://www.bicom.ru/blog/vojlok> (Accessed 26.09.2022).

Статья поступила в редакцию 9.12.2022  
Принято к публикации 18.02.2023

---

\*Перевод названия источника выполнен авторами статьи / Translated by author's of the article.