

МРНТИ 64.29.23

М.Т. Шамуратов¹ – основной автор, ©
Ж.К. Гафуров², Б. Абзалбекұлы³,
Р.Ш. Мирзамуратова⁴, А.К. Байдильдаева⁵



¹PhD, доцент, ²Д-р техн. наук, профессор, ³PhD, ⁴Магистр, ⁵Магистр

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0003-3958-9863> ²<https://orcid.org/0000-0002-2253-7306>

³<https://orcid.org/0000-0002-9552-0388> ⁴<https://orcid.org/0009-0005-2645-1357>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-7996-646X>



¹Каракалпакский государственный университет имени Бердаха,

г. Нукус, Республика Узбекистан

²Джизакский политехнический институт, г. Джизак, Республика Узбекистан

^{3,5}Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати,

г. Тараз, Республика Казахстан

⁴Южно-Казахстанский университет им. М.Ауезова,

г. Шымкент, Республика Казахстан

@

bekontiru@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/UEVP4037>

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕРФОРИРОВАННОГО БАРАБАНА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛОКНИСТОГО СЛОЯ ИЗ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. В статье анализируются работа специального устройства - сетчатого перфорированного барабана, который часто используется для формирования волокнистого слоя независимо от выбранного сырья. Благодаря своей более прочной конструкции перфорированный барабан используется многократно в разрыхлительно-очистительных машинах, особенно в оборудовании для восстановления (регенераторе) из текстильных отходов и лоскута.

Волокнистый слой, формируемый на поверхности перфорированного барабана, во многом зависит от распределения давления всасываемого воздуха вдоль барабана. При последующих переходах на поверхности перфорированного барабана аэродинамическим способом формируется волокнистый слой из разрыхленных волокон и передается на пару питающих зажимов разрыхлительного барабана. Обычно в результате всасывания воздуха с торцов перфорированного барабана вдоль его оси образуется слой переменной толщины, то есть по краям он толстый, а посередине тоньше. Следует отметить, что в результате того, что воздухозаборник имеет форму продольного сечения в виде гиперболоида, рекомендуется выполнять формирование волокнистого слоя с помощью отверстий переменного размера, расположенных вдоль оси барабана. Экспериментально доказано, что давление воздуха не изменяется по оси барабана, когда подсос воздушного потока осуществляется через отверстия разного размера в виде гиперболоидного сечения. Таким образом, на практике было доказано, что можно добиться равномерности толщины волокнистого слоя на поверхности перфорированного барабана.

Ключевые слова: лоскут, текстильные отходы, перфорированный барабан, волокнистый слой, давление воздуха.



Шамуратов, М.Т. Разработка конструкции перфорированного барабана для формирования волокнистого слоя из текстильных отходов [Текст] / М.Т. Шамуратов, Ж.К. Гафуров, Б. Абзалбекұлы, Р.Ш. Мирзамуратова, А.К. Байдильдаева // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №1(83). – С.127-134. <https://doi.org/10.55956/UEVP4037>

Введение. В настоящее время в Республиках Узбекистан и Казахстан большое внимание уделяется развитию текстильной промышленности [1-4]. Увеличение производства готовой продукции за счет глубокой переработки местного сырья неизбежно приведет к увеличению волокнистых отходов текстильной промышленности и швейного производства. В результате расширяются запасы текстильного сырья и необходимо решить проблему его переработки, создания инновационных готовых изделий для возможности бесперебойного сбыта на рынке. Одним из таких вопросов является утилизация отходов текстильного и швейного производства и (регенерации) восстановление из них волокна. В последнее время увеличивается количество отходов текстильной промышленности и вторичных материальных ресурсов (лоскута и текстильных отходов) при переработке местного сырья. Это огромный сырьевой резерв, который можно использовать для производства текстильной продукции.

В последнее время в Узбекистане увеличивается количество отходов текстильной промышленности и вторичных материальных ресурсов (лоскута и текстильных отходов) при переработке местного сырья. В 2023 году в Республике Узбекистан произведено 227,4 тыс. т трикотажных полотен, из которых 21%, т.е. 47,7 тыс. т, отсортированы как текстильные отходы [2].

В работе [5] показано, что «в Казахстане общий объем накопленных текстильных и швейных бытовых отходов составляют около 100 млн. т и ежегодно увеличиваются на 5 и 6 млн. т». При этом текстильные и швейные отходы до сих пор размещаются на свалках без проведения процедур сортировки и обезвреживания, что существенно загрязняют окружающую среду [5,6]. «Прогнозные показатели образования текстильных и швейных отходов в РК показывают, что уже в период 2021-2030 гг. могут составлять более 28,3 млн. т в год» [6,7].

Условия и методы исследования. Существует несколько видов переработки отходов текстильных изделий. По сравнению с другими технологиями переработки, механическая переработка выделяется как наиболее масштабируемый и универсальный метод в текстильной и швейной промышленности [8]. В последние годы особое внимание уделяется вопросам восстановления волокна из текстильных и швейных отходов, а также производство из них готовых изделий [9-13]. В этих исследованиях рассматривались проблемы восстановления волокна и производства изделий из текстильных отходов. В данных исследованиях были проанализированы технологии восстановления (регенерации) волокна из отходов и освоены ресурсосберегающие техники и технологии, при этом восстановленные волокна из текстильных отходов смешивались с лавсановым волокном для получения трикотажного полотна, а также подробно рассмотрены и разработаны соответствующие рекомендации. Повышение эффективности технологии использования полученных волокон за счёт регенерации отходов, образующихся в производстве шерстяных волокон, изучалось в следующих научных исследованиях [9-13]. Данные научные исследования сосредоточены в основном на новых конструктивных особенностях машин и усовершенствовании технологий, в значительной степени игнорируя улучшение состава и свойств восстанавливаемого волокна. Китайское оборудование для регенерации волокон из лоскута и текстильных отходов имеет десять секций, в которых изучался процесс подачи воздуха с одной стороны перфобарабана, но не изучалось изменение толщины выходящего слоя волокна. Исследования по улучшению содержания и состава восстановленных волокон не проводились. Следует отметить, что указанные устройства в основном состоят из игольчатых и

пильчатых барабанов, осуществляющих процесс щипания и разволокнения лоскута и текстильных отходов, которые зажаты между питающим цилиндром и сетчатым или перфорированным барабаном, образующим волокнистый слой [14-16]. Принцип работы этих перфорированных барабанов основан на том, что при всасывании воздуха с двух сторон внутренней части барабана с помощью вентилятора волокна оседают на перфорированной поверхности барабана.

Целью работы является улучшение свойств волокон, регенерированных из лоскута и текстильных отходов. Для достижения поставленной цели был изучен ряд вопросов.

Результаты исследований и обсуждение научных результатов.
Конструкция перфорированного барабана. Для обеспечения равномерного формирования волокнистого слоя по толщине в поперечном сечении была создана новая конструкция перфорированного барабана (рис. 1). Сущность его заключается в том, что для обеспечения равномерности поперечного сечения волокнистого слоя цилиндры между крестовинами снабжены по крайней мере двумя пластинами. Для подачи волокна к поверхности барабана между перекладинами имеются два симметричных трапецевидных отверстия, размеры которых регулируются, а малые основания направлены к центру барабана.

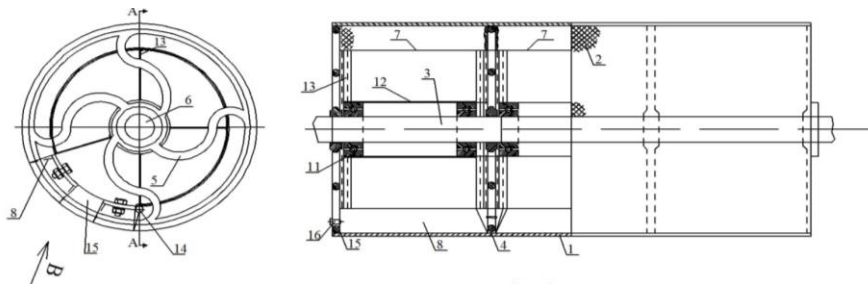


Рис. 1. Конструкция нового перфобарабана

Цилиндр пробивного барабана 1 закреплен на втулке 6 посредством четырех поперечин 4, которые закреплены на валу 3 перфоратора 2. Внутри перфорационного барабана расположены три цилиндра 7, имеющие кулачок 8 с регулируемой уплотняющей подушкой и снабженные шестью симметрично расположенными пластинами.

Два симметричных трапецевидных пробойных барабана 1, небольшие основания которых между пластинами расположены в середине барабана, имеют регулируемую площадь отверстий 10, где волокно поглощается и собирается (рис. 2).

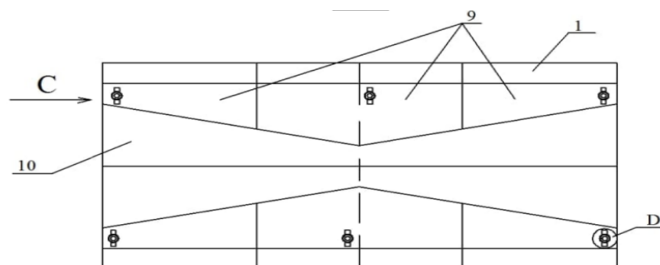


Рис. 2. Форма отверстия отсоса воздуха

Каждый цилиндр 7 свободно подвешен на валу 3, расположенном внутри корпуса 12, установленном на подшипнике 11, а к корпусу прикреплен спица 13 с грузом 14, соединяющая его с цилиндром. Груз 14 понижает центр тяжести цилиндра и служит для удержания его в нужном положении.

Для устранения воздухозабора цилиндр 7 накрыт обечайкой 15, прикрепленной к поперечине 4 заклепками.

При вращении перфорационного барабана 1 козырьки 8 направляют воздухозаборник в отверстие 10 и защищают большую часть барабана от воздействия вентилятора, то есть воздух не теряется зря. За счет того, что воздухозаборное отверстие выполнено в виде двух симметричных трапеций, малые основания которых расположены посередине барабана, обеспечивается отсутствие изменения давления воздуха вдоль пуансонного барабана. В результате достигается равномерность толщины слоя волокон, впитываемых на поверхности перфорационного барабана. Скорость движения воздуха по краям и в середине перфорационного барабана различна из-за разной поверхности отверстия, и по мере уменьшения поверхности, то есть скорости движения воздуха в середине барабана увеличивается. Перфорационный барабан оснащен регулируемыми воздухозаборными отверстиями для использования в широком диапазоне размеров волокон.

Таким образом, поскольку новая конструкция перфорационного барабана обеспечивает постоянное давление всасывания воздуха, достигается однородность толщины формируемого волокнистого слоя и улучшение свойств и структуры извлекаемого волокна.

Принцип работы новой конструкции заключается в том, что барабан 1 машины покрыт сетчатым цилиндром 2, а вал 3 представляет собой фланец, центрированный на четырех крестовинах 4, которые соединены спицей 5 и втулкой 6. Внутри барабана в пространстве между поперечинами 4 установлены три цилиндра 7, которые имеют регулируемые приспособления 8, снабжены уплотнительными прокладками по краям сетки 2 и шестью симметрично расположенными пластинами 9. Между ними подогнаны размеры двух симметричных трапециевидных отверстий 10 с малыми основаниями, расположенными в середине барабана вдоль цилиндра.

На рисунке 3 приведены отобранные образцы волокнистого слоя, полученные на разработанном перфорированном барабане.

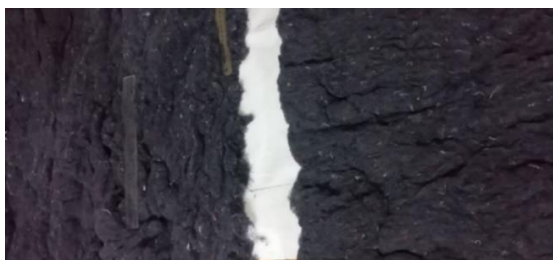


Рис. 3. Вид волокнистого слоя, сформированного на перфорированном барабане

Полученный слой был разрезан в продольном направлении и определены массовые характеристики полученных 5 слоев, а также при изучении неровности было установлено, что ближняя к вентилятору часть слоя толще, а по мере удаления от него слой утоняется. Полоски, разрезанные по длине слоя, приведены на рисунке 4.



Рис. 4. Слои, разрезанные в продольном направлении

Изучены также остатки не разрыхленных остатков лоскута и обрезков нитей, содержащиеся в каждом слое показаны на рисунке 5. Следует отметить, что масса остатков ткани и нитей больше всего в толстой части слоя и их массовое содержание уменьшается от толстой части к тонкой стороне слоя.



Рис. 5. Остатки не разрыхленной ткани и нитей, отобранных с двух концов и средней части волокнистой полоски

Заключение. С целью повышения эффективности регенерации лоскута и текстильных отходов, исследовано давление воздушного потока, действующего на поверхность перфорированного барабана, образующего волокнистый слой, при этом определено, что его величина изменяется по оси барабана, то есть с двух концов давление больше, а посередине меньше. Для достижения однородности толщины формируемого волокнистого слоя было рекомендовано формировать волокнистый слой на поверхности перфорированного барабана с отверстиями в виде гиперблоида, что приведёт к обеспечению стабильного давления воздушного потока и были разработаны соответствующие рекомендации.

Список литературы

1. Послание Президента Республики Узбекистан Шавката Мирзиёева Олий Мажлису и народу Узбекистана. [Текст] Ташкент, 2022.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 12-fevral PQ-4186 sonli to'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatida raqobatbardosh mahsulotarni ishlab chiqarish hamda amalga oshirish hisobiga yuqori texnologiyalarni va yangi ish o'rinlarini yaratish korxonalarini texnik va texnologik yangilash, ilg'or "klaster" modelini joriy etish to'g'risidagi farmoni.
3. Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана [Текст]: Новый Казахстан: Путь обновления и модернизации. Казахстан, Астана, 2022.
4. Производство текстильных изделий [Текст]: Отчет по результатам маркетингового исследования; Абишев У.С. - Нур-Султан: Национальная палата предпринимателей «Атамекен», 2020.

5. Азимова, Ш.Г. Анализ особенностей трикотажных полотен и использования их отходов при производстве швейно-трикотажных изделий [Текст] / Ш.Г. Азимова // Молодой ученый. -2015. - №9. – С. 139-142.
6. Мырхалыков, Ж.У. К вопросу о методике оценки синергетического эффекта от управления вторичными ресурсами в текстильной промышленности [Текст] / Ж.У. Мырхалыков, А.М. Есиркепова, Г.К. Исаева, Б.С. Кулбай // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015. - №1. - С 5-10.
7. Кадникова, О.Ю. К вопросу о необходимости разработок новых технологий по переработке отходов легкой промышленности [Текст] / О.Ю. Кадникова // Сборник научных трудов V Международной научно-практической. конференции: Новое слово в науке: перспективы развития. – г. Чебоксары, 2015. – С. 178-180.
8. Huang X., Tan Y., Huang J., Zhu G., Yin R., Tao X., & Tian X. Industrialization of open- and closed-loop waste textile recycling towards sustainability: A review // Journal of Cleaner Production, 2024. Vol. 436. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140676>.
9. Wang Y. Fiber and textile waste utilization // Waste and Biomass Valorization, 2010. Vol. 1, No. 1. P. 135–143. <https://doi.org/10.1007/s12649-009-9005-y>.
10. Чеберяк, И.А. Разработка технологии регенерации волокон хлопка из текстильных отходов и их использование совместно с профилированным лавсаном в трикотажных полотнах [Текст]: дисс... канд. техн. наук: Чеберяк Ирина Александровна. – Иваново, 2010. – 142 с.
11. Isa A., Nosbi N., Ismail M.C., Akil H.M., Ali W.F.F.W., & Omar M.F. A review on recycling of carbon fibres: Methods to reinforce and expected fibre composite degradations // Materials, 2022. Vol. 15, No. 14. P. 4991. <https://doi.org/10.3390/ma15144991>.
12. Mu B., Yu X., & Yang Y. Sustainable and green process for recycling waste wool textiles into high-quality protein fibers on a pilot scale // Resources, Conservation and Recycling, 2023. Vol. 198. P. 107190. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107190>.
13. Egan J., Wang S., Shen J., Baars O., Moxley G., & Salmon S. Enzymatic textile fiber separation for sustainable waste processing // Resources, Environment and Sustainability, 2023. Vol. 13. P. 100118. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2023.100118>.
14. Sakthivel S., Melese B., Edae A., Abedom F., Mekonnen S., & Solomon E. Garment waste recycled Cotton/Polyester thermal and acoustic properties of Air-Laid nonwovens // Advances in Materials Science and Engineering, 2020. Vol. 2020. P. 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/8304525>.
15. Нечахин, Н.В. Устройство для разволокнения материала [Текст] / Н.В. Нечахин [и др.] // Авторское свидетельство СССР № 1663068. 1991. Бюл. № 26.
16. ANDRITZ Laroche SAS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.andritz.com/nonwoven-textile-en/locations/andritz-laroche>.

Работа выполнена в учебном Центре подготовки специалистов по коже в рамках проекта Erasmus+ 618930-EPP-1-2020-1-EL-EPPKA2-CBHE-JP “Reinforcing capacities of HEIs for leather and leather products in Uzbekistan-Kazakhstan” REILEAP в Джизакском политехническом институте.

Материал поступил в редакцию 28.03.24

**М.Т. Шамуратов¹, Ж.К. Гафуров², Б. Абзалбекұлы³,
Р.Ш. Мирзамуратова⁴, А.К. Байдильдаева³**

¹*Бердах атындағы Қарақалпақ мемлекеттік университеті, Нүкіс қ., Өзбекстан*

²*Джизак политехникалық институты, Джизак қ., Өзбекстан*

³*М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

⁴*М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан*

**ТЕКСТИЛЬ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН ТАЛШЫҚТЫ ҚАБАТ ҚАЛЫПТАСТЫРУ ҮШІН
ПЕРФОРАЦИЯЛАНҒАН БАРАБАН КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ӘЗІРЛЕУ**

Аңдатпа. Мақалада таңдалған шикізатқа қарамастан талшықты қабатты қалыптастыру үшін жиі қолданылатын торлы перфорацияланған барабан, арнайы құрылғының жұмысы талданады. Күшті дизайнымен перфорацияланған барабан бірнеше рет қопсыту және тазарту машиналарында, әсіресе мата қиындылары мен бұйымды пішкеннен кейінгі қалдықтарды қалпына келтіру жабдықтарында қолданылады.

Перфорацияланған барабанның бетінде пайда болатын талшықты қабат көбінесе барабан бойымен сорылатын ауа қысымының таралуына байланысты. Перфорацияланған барабанның бетіндегі келесі ауысулар кезінде аэродинамикалық әдіспен қопсытылған талшықтардың талшықты қабаты қалыптасады және қопсытқыш барабанның қоректендіретін қысқыштарына беріледі. Әдетте, перфорацияланған барабанның ұштарынан ауаны сору нәтижесінде барабан осі бойымен өзгермелі қалыңдық қабаты пайда болады, яғни шеттерінде ол қалың, ал ортасында жұқа болады. Және бір ескеретін жайт, ауа қабылдағыштың гиперболоид түріндегі бойлық қимасы болғандықтан, барабан осі бойында орналасқан айнымалы өлшемді тесіктердің көмегімен талшықты қабатты қалыптастыру ұсынылады. Ауа ағынын сору гиперболоидты секция түрінде әртүрлі мөлшердегі тесіктер арқылы жүзеге асырылған кезде ауа қысымы барабан осі бойынша өзгермейтіні эксперименталды түрде дәлелденді. Осылайша, іс жүзінде перфорацияланған барабанның бетіндегі талшықты қабаттың қалыңдығының біркелкілігіне қол жеткізуге болатындығы дәлелденді.

Тірек сөздер: мата қиындылары, текстиль қалдықтар, перфорацияланған барабан, талшықты қабат, ауа қысымы.

M. Shamuratov¹, J. Gafurov², B. Abzalbekuly³, R. Mirzamuratova⁴, Baidildayeva³

¹Karakalpak State University named after Berdakh, Nukus, Uzbekistan

²Jizzakh Polytechnic Institute, Jizzakh, Uzbekistan

³M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

⁴M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF PERFORATED DRUM DESIGNS FOR FORMING A FIBROUS LAYER FROM TEXTILE WASTE

Abstract. The article analyzes the operation of a special device - a mesh perforated drum, which is often used to form a fibrous layer regardless of the selected raw materials. Due to its more robust construction, the perforated drum is used repeatedly in baking and cleaning machines, especially in recovery equipment (regenerator) made of patterns and flap.

The fibrous layer formed on the surface of the perforated drum largely depends on the pressure distribution of the intake air along the drum. During subsequent transitions, a fibrous layer of loosened fibers is formed aerodynamically on the surface of the perforated drum and transferred to a pair of feeding clamps of the baking drum. Usually, as a result of air suction from the ends of a perforated drum, a layer of variable thickness is formed along the axis of the drum, that is, it is thick at the edges and thinner in the middle. It should be noted that as a result of the fact that the air intake has the shape of a longitudinal section in the form of a hyperboloid, it is recommended to form a fibrous layer using holes of variable size located along the axis of the drum. It has been experimentally proved that the air pressure does not change along the axis of the drum when the airflow is sucked through holes of different sizes in the form of a hyperboloid section. Thus, in practice it has been proven that it is possible to achieve uniformity of the thickness of the fibrous layer on the surface of the perforated drum.

Keywords: flap, patterns, fibrous layer, air pressure. Recycle, small pieces of fabric.

References

1. Poslaniye Prezidenta Respubliki Uzbekistan Shavkata Mirziyoeva Oliy Mazhlisu i narodu Uzbekistana. [Message of the President of the Republic of Uzbekistan Shavkat Mirziyoyev to the Oliy Majlis and the people of Uzbekistan] Tashkent, 2022, [in Russian].

2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 12-fevral PQ-4186 sonli to'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatida raqobatbardosh mahsulotarni ishlab chiqarish hamda amalga oshirish hisobiga yuqori texnologiyalarni va yangi ish o'rinlarini yaratish korxonalarini texnik va texnologik yangilash, ilg'or "klaster" modelini joriy etish to'g'risidagi farmoni, [in Uzbek].
3. Poslaniye Glavy gosudarstva Kasym-Zhomarta Tokayeva narodu Kazakhstana [Message of the Head of State Kassym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan]: Novyy Kazakhstan: Put' obnovleniya i modernizatsii. Kazakhstan [New Kazakhstan: The path of renewal and modernization], Astana, 2022, [in Russian].
4. Abishev U.S. Proizvodstvo tekstil'nykh izdeliy [Manufacture of textiles]: Otchet po rezul'tatam marketingovogo issledovaniya [Report on the results of marketing research]. - Nur-Sultan: National Chamber of Entrepreneurs "Atameken", 2020, [in Russian].
5. Azimova, SH.G. Analiz osobennostey trikotazhnykh poloten i ispol'zovaniya ikh otkhodov pri proizvodstve shveyno-trikotazhnykh izdeliy [Analysis of the features of knitted fabrics and the use of their waste in the production of sewing and knitting products] // Molodoy uchenyy [A young scientist]. -2015, No.9. P. 139-142, [in Russian].
6. Myrkhalykov, Zh.U. Yesirkepova A.M., Isayeva G.K., Kulbay B.S. K voprosu o metodike otsenki sinergeticheskogo effekta ot upravleniya vtorichnymi resursami v tekstil'noy promyshlennosti [On the issue of the methodology for assessing the synergetic effect of secondary resource management in the textile industry] // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti [News of universities. Textile industry technology]. – 2015. No. 1. P. 5-10, [in Russian].
7. Kadnikova, O.Yu. K voprosu o neobkhodimosti razrabotok novykh tekhnologiy po pererabotke otkhodov legkoy promyshlennosti [On the issue of the need to develop new technologies for recycling light industry waste] // Sbornik nauchnykh trudov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy. konferenii: Novoye slovo v nauke: perspektivy razvitiya [Collection of scientific papers of the V International Scientific and Practical Conference. Conference: a new word in science: development prospects]. – Cheboksary, 2015. P. 178-180, [in Russian].
8. Huang X., Tan Y., Huang J., Zhu G., Yin R., Tao X., & Tian X. Industrialization of open- and closed-loop waste textile recycling towards sustainability: A review // Journal of Cleaner Production, 2024. Vol. 436. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140676>.
9. Wang Y. Fiber and textile waste utilization // Waste and Biomass Valorization, 2010. Vol. 1, No. 1. P. 135–143. <https://doi.org/10.1007/s12649-009-9005-y>.
10. Cheberyak I.A. Razrabotka tekhnologii regeneratsii volokon khlopka iz tekstil'nykh otkhodov i ikh ispol'zovaniye sovmestno s profilirovannym lavsanom v trikotazhnykh polotnakh [Development of technology for the regeneration of cotton fibers from textile waste and their use in conjunction with profiled dacron in knitted fabrics]: dissertation of the Cand. of Tech. Sci. – Ivanova., 2010. P.142, [in Russian].
11. Isa A., Nosbi N., Ismail M.C., Akil H.M., Ali W.F.F.W., & Omar M.F. A review on recycling of carbon fibres: Methods to reinforce and expected fibre composite degradations // Materials, 2022. Vol. 15, No. 14. P. 4991. <https://doi.org/10.3390/ma15144991>.
12. Mu B., Yu X., & Yang Y. Sustainable and green process for recycling waste wool textiles into high-quality protein fibers on a pilot scale // Resources, Conservation and Recycling, 2023. Vol. 198. P. 107190. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107190>.
13. Egan J., Wang S., Shen J., Baars O., Moxley G., & Salmon S. Enzymatic textile fiber separation for sustainable waste processing // Resources, Environment and Sustainability, 2023. Vol. 13. P. 100118. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2023.100118>.
14. Sakthivel S., Melese B., Edae A., Abedom F., Mekonnen S., & Solomon E. Garment waste recycled Cotton/Polyester thermal and acoustic properties of Air-Laid nonwovens // Advances in Materials Science and Engineering, 2020. Vol. 2020. P. 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/8304525>.
15. Nechakhin N.V. Ustroystvo dlya razvolokneniya materiala [A device for separation of fibres] // Avtorskoye svidetel'stvo SSSR № 1663068 [USSR Copyright Certificate No. 1663068]. 1991. Byul. No. 26, [in Russian].
16. ANDRITZ Laroche SAS [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.andritz.com/nonwoven-textile-en/locations/andritz-laroche>.