

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ОДЕЖДЫ

SOME ASPECTS OF IMPROVING ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS OF CLOTHING MANUFACTURING PROCESS

Р.Ф. КАЮМОВА, О.Н. БУДЕЕВА, А.В. ДАНИЛОВА

R.F. KAYUMOVA, O.N. BUDEEVA, A.V. DANILOVA

(Уфимский государственный нефтяной технический университет)

(Ufa State Petroleum Technological University)

E-mail: karuf1@yandex.ru, devnb@mail.ru

Экологическая мода направлена прежде всего на соблюдение равновесия между устремлениями бизнеса модной индустрии, с одной стороны, и состоянием окружающей среды и здоровья человека – с другой. Современные производители модной одежды не могут не учитывать последствия производства и эксплуатации изделий из текстильных материалов. Исследователи разрабатывают и внедряют мероприятия по сокращению процесса производства одежды, что в свою очередь направлено на снижение углеродного следа и уменьшение количества токсичных выбросов в окружающую среду. Набирают популярность бренды одежды, которые отдают предпочтение использованию для изготовления швейных и трикотажных изделий новых экологичных биоразлагаемых материалов, а также используют цифровые технологии, рациональный крой и малоотходное производство.

По итогам обобщения отечественного и зарубежного опыта в работе приведены результаты современных исследований по нескольким основным направлениям развития экологичной моды.

Ecological fashion is primarily aimed at maintaining a balance between the aspirations of the business of the fashion industry on the one hand, and the state of the environment and human health on the other. Modern fashion manufacturers cannot ignore the consequences of the production and operation of textile products. Researchers are developing and implementing measures to shorten the life cycle of the clothing manufacturing process, which in turn is aimed at reducing the carbon footprint and reducing the amount of toxic emissions into the environment. Clothing brands that prefer to use new environmentally friendly biodegradable materials for the manufacture of clothing and knitwear, as well as use digital technologies, rational cutting and low-waste production are gaining popularity.

As a result of the generalization of domestic and foreign experience, the paper presents the results of modern research on several main areas of development of eco-friendly fashion.

Ключевые слова: экологичная мода, текстильные отходы, биоразлагаемые материалы, малоотходная и безотходная технология, войлоковаление, цифровые двойники.

Keywords: eco-friendly fashion, textile waste, biodegradable materials, low-waste and non-waste technology, felting, digital twins.

По мнению экспертов, к основным принципам экономики замкнутого цикла относят: продление жизненного цикла исходных текстильных материалов и готовых продуктов, безотходное и малоотходное производство, безвредное для окружающей среды. Реализация такой модели возможна только на базе цифровых технологий, которые ускоряют и обеспечивают гибкость процессов на всех этапах производственного цикла [1].

Одним из способов решения экологических проблем в текстильной отрасли является переход на малоотходное и безотходное производство [2], поскольку количество текстильных отходов растет вместе с ростом спроса на одежду. Кроме межлекальных выпадов, на которые приходится наибольшая доля среди текстильных отходов, значительны потери материалов по ширине и длине куска при настилии. Следует также назвать кромочную обрезь и бракованные материалы. Что касается бывшей в употреблении одежды, то в России ежегодно более двух миллионов тонн текстильных отходов в виде выброшенной одежды и обуви оказывается на свалках [3, 4].

Примером системного подхода к процессу переработки текстильных отходов является опыт ряда компаний стран Северной Европы: Финляндии и Швеции. Компания Pure Waste Textiles осуществляет полный цикл переработки межлекальных выпадов джинсовых материалов, превращая их в новую ткань и новые изделия из нее. Сотрудничество компании Lindstrom с фирмой Rester в Финляндии направлено на полную переработку использованной на предприятии специальной одежды в волокнистое сырье для изготовления новой ткани [4, 5].

Российскими исследователями разработана технология использования переработанных текстильных отходов при изготовлении ваты, ковров, утепляющих, шумоизолирующих нетканых материалов, а также в качестве добавки в дорожные покрытия и строительные смеси [6, 7].

В результате проведенных исследований коллективом авторов были разработаны способы использования отходов, возникающих на разных стадиях текстильного

производства. К наиболее дорогостоящим отходам при изготовлении одежды относятся межлекальные и краевые выпады из натуральной кожи и меха. Разработана технология использования кожевенных отходов в виде дискретного покрытия при изготовлении изделий из эластичного трикотажного полотна [8]. При этом достигаются цели рационального использования сырья и повышения формоустойчивости одежды (рис. 1).

Разработанная технология использования маломерных неликвидных текстильных отходов применяется при изготовлении специальной одежды для нефтяников [9] и одежды для профилактики нарушений осанки у детей и подростков [10].



Рис. 1

Рис. 2

Предложены способы и технология использования самых мелких текстильных отходов площадью 2...5 см² [11]. Разработан способ получения композиционного материала с рельефным рисунком на поверхности, для изготовления которого можно использовать межлекальные выпады, остатки ткани, трикотажа и обрезки тесьмы и отделочной ленты. В результате получены текстильные материалы новой структуры и оригинальной фактуры для изготовления изделий различного ассортимента. На рис. 1 показаны модели изделий с отделочными деталями, выполненными из текстильных отходов. Изделие из композиционного материала показано на рис. 2. Достоинством подобных материалов является возможность прогнозирования их структурных и физико-механических свойств на стадии проектирования.

Примером реализации безотходной экологически чистой технологии получения качественных долговечных изделий является войлоковаление. В процессе валяния не используются токсичные препараты и не выделяются ядовитые отходы. Кроме того, процесс валяния позволяет кардинально сократить жизненный цикл производства предметов одежды, исключая процессы прядения, ткачества, раскроя и пошива. К преимуществам процесса войлоковаления следует отнести также возможность получения изделий сложных фантазийных форм без использования швейного и раскройного оборудования [12, 13]. Работу мастера по войлоковалению сравнивают с работой скульптора. Уникальные изделия, полученные методом мокрого валяния, в настоящее время востребованы людьми, ценящими экологичные материалы и ручной труд, а также организациями, занимающимися фотосессиями и оказывающими услуги по сдаче костюмов в аренду.

Войлоковаление позволяет, с одной стороны, обратиться к традициям прошлого, с другой стороны, создавать сложнейшие по форме изделия, воплощая в жизнь технологию безотходного бесшовного формования. Кроме того, войлоковаление позволяет проектировать и создавать изделия с различной по зонам жесткостью при изгибе и эластичностью [14]. Достигается это в первую очередь подбором толщины получаемого слоя войлока, а также различными схемами раскладки волокон шерсти. Например, для получения зоны с высокой эластичностью используется раскладка шерсти под названием «паутинка», которая отличается хаотичностью расположения волокон. Также процесс войлоковаления создает возможности для различного рода отделки моделей одежды в процессе изготовления. К преимуществам процесса войлоковаления следует отнести также возможность получения плавных переходов между участками с различными по цвету и укладке волокнами без швов и конструктивных линий.



Рис. 3

Авторами разработана и изготовлена коллекция современной женской одежды, полученной методом мокрого валяния, которая показана на рис. 3. Особенностью технологии изготовления моделей коллекции является отсутствие конструктивных швов, в одной из моделей использована застежка. Кроме того, сохранена эластичность изделий по линии талии для удобства надевания на фигуру человека. Для обеспечения лучшей посадки на фигуре при изготовлении коллекции бесшовных валяных изделий применены комбинации разных

типов раскладки шерсти на разных участках модели. Для выполнения коллекции моделей выбрана тонкая и полутонкая шерсть мериноса, дополнительно использовались вискозные волокна и готовая пряжа для армирования и отделки.

Одним из основных направлений улучшения экологичности процесса производства одежды является использование биоразлагаемого доступного сырья. Ученые активно ищут альтернативу хлопчатнику, выращивание которого сопровождается использованием большого количества воды,

гербицидов и пестицидов [15]. Одно из первых мест среди растительных культур, которые служат источником сырья для производства текстильных волокон, занимает конопля. Использование конопли для изготовления одежных тканей имеет давнюю историю. Для производства современных тканей различного ассортимента применяют генно-модифицированную коноплю, которая не содержит наркотических веществ, не требует внесения пестицидов для защиты от насекомых-вредителей, обогащает почву в отличие от хлопчатника, истощающего землю на посевных площадях. Изделия из конопляной ткани отличаются комфортностью и высокой износостойкостью. В настоящее время исследователи отмечают высокую востребованность изделий из конопли, в том числе в коллекциях известных дизайнеров в области высокой моды [16, 17]. Конопляные ткани универсальны и применимы для изготовления как бытовой одежды, так и изделий высокой моды.

Авторами проведены исследования структурных, механических и физико-химических свойств современных тканей из конопли [18], которые согласуются с исследованиями зарубежных ученых [16]. Это позволило выявить особенности поведения ткани в процессе раскроя и пошива, а также при эксплуатации готовых изделий. Результаты исследований в настоящее время учитываются при разработке коллекций женской одежды из конопляной ткани.

Не менее перспективным биоразлагаемым и доступным сырьем для изготовления предметов одежды, альтернативным хлопку и синтетическим материалам, например искусственной коже, является материал на основе грибов. В настоящее время известны способы получения веганской кожи на основе ананасов, кактусов и чайного гриба. Материал из грибов позволяет решить задачу снижения углеродного следа, уменьшения токсичных отходов и экономии натурального сырья. Технология получения предметов одежды из грибов существует уже не первое столетие, но в свете культуры осознанного потребления сейчас возрождается заново в коллекциях современных дизайнеров.

Получить биоразлагаемый материал из грибного сырья можно двумя способами. Полноценным заменителем как натуральной, так и искусственной кожи является кожеподобный материал из мицелия, т. е. вегетативной части грибов.

При первом способе грибное сырье проходит процедуру растительного дубления. Полученная биомасса позволяет получать новый материал для одежды, похожий внешне и по своим свойствам на натуральную кожу. Новая технология позволяет выращивать и перерабатывать мицелий грибов в промышленном масштабе. Новый материал получил название *Mylo*. Выпускается материал компанией Bolt Threge. В настоящее время этот материал широко используют при разработке своих коллекций компании *Adidas*, *Lululemon* и бренд *Stella McCartney* [19].

Другой способ позволяет получить «грибную замшу» непосредственно из мякоти гриба трутовика. Наиболее подходящим для этой цели является трутовик березовый. Более пригодной для переработки является нижняя пористая часть гриба. Грибы трутовика вымачивают в щелочном растворе, затем расплющивают или подвергают прессованию. Мякоть гриба легко режется на пластины, которые можно слегка отбить молотком. Гладкую поверхность пластин, похожую на нубук, можно обработать наждачной бумагой, после чего она станет более шероховатой. Поверхность гриба при этом легко подвергается тиснению.



Рис. 4

С применением описанной технологии получения «грибной замши» изготовлены аксессуары и головные уборы коллекции современной одежды с использованием башкирских национальных мотивов. Образцы изделий из «грибной замши» показаны на рис. 4.

В настоящее время в текстильном производстве широко используются химические продукты и химические технологии. В процессе отделки текстильных материалов используется более 200 наименований химических веществ и около 1000 наименований красителей. По мнению исследователей, наиболее значительный вред экологии наносит этап крашения текстильных материалов [20, 21]. Химические красители тканей в большинстве своем токсичны для людей и природы. В настоящее время известны дружественные для природы технологии крашения тканей на основе водорослей, морских моллюсков, кораллов, бактерий кишечной палочки. Британские ученые выделили гены бабочек, отвечающие за образование пигментов, а затем внедрили их в геном бактерий [22], что позволило получать биокраситель, безвредный для окружающей природы. Компания N&M инвестировала средства в этот проект. Немецким и израильским ученым удалось вырастить образцы генно-модифицированного хлопка, окрашенного в синий и желтый цвета с флуоресцентным эффектом [21].

Известны также технологии крашения и нанесения принта на ткани с помощью натуральных красителей на основе корней, листьев и цветов различных растений (граната, черники, ежевики, капусты), в том числе таких нетрадиционных, как эвкалипт и зверобой [23].

Крашение плательных хлопчатобумажных тканей цветами использовано при разработке коллекции женской одежды, представленной на рис. 5. В качестве сырья взяты лепестки бархатцев, васильков и зверобоя. Лепестки растений собирались в период начала цветения и далее высушивались. Лепестки цветов накладывались на влажную ткань, предварительно простиранныю и пропитанную раствором на основе алюмокалиевых квасцов. Подобная про-

питка улучшает впитывание растительного пигмента в структуру ткани.



Рис. 5

Влажная ткань плотно скатывалась в рулон и фиксировалась. Материал пропаривался в течение одного часа, затем высушивался. Преимуществом способа является также и то, что нанесение принта можно выполнять как на материал, так и на готовые детали изделия.

Программа Индустрия 4.0 (четвертая промышленная революция), как известно, предполагает массовое внедрение информационных технологий в промышленность. Сокращению длительности производственного процесса изготовления одежды способствует разработка и создание цифровых двойников текстильного продукта на разных стадиях производства [24]. В процессе исследования текстильного продукта можно использовать цифровые двойники тканей, трикотажных и нетканых полотен [25], а также изделий, надетых на конкретную фигуру аватара, как в программах CLO 3D или Style 3D. Это обеспечивает экономию времени и ресурсов. Одновременно решается задача увеличения длительности жизненного цикла готовой одежды. Одним из способов продления жизненного цикла одежды является сдача изделий в аренду.

Коллективом авторов разработан алгоритм процесса организации нового вида услуг – «цифровой тематической фотосессии», основанной на сдаче одежды в аренду, а также изготовлено несколько коллекций разной тематической направленности для проведения фотосессии как в фото-

студии, так и онлайн [26]. Для этого задействовано оборудование и программное обеспечение, которое позволяет сканировать фигуру заказчика любого телосложения и «одевать» фигуру в выбранный костюм. Коллекции можно использовать также в игровой индустрии. На рис. 6 показана



Рис. 6

капсульная коллекция костюмов для тематической виртуальной фотосессии под названием «Лукоморье». На рис. 7 представлены модели трансформирующихся костюмов из коллекции «Лукоморье» для фотосессии в фотостудии.



Рис. 7

ВЫВОДЫ

Анализ исследований, проводимых российскими и зарубежными учеными, а также авторским коллективом, в контексте улучшения экологической ситуации в легкой промышленности позволил выделить следующие приоритетные направления:

использование текстильных и кожевенных отходов для изготовления одежды и новых материалов;

поиск и исследование нового биоразлагаемого сырья для производства текстиля, альтернативного хлопку, шерсти и синтетическим волокнам;

крашение тканей с помощью натуральных безвредных красителей;

сокращение производственного цикла изготовления швейных и трикотажных изделий;

использование «цифровых двойников».

Данный комплексный подход к производству одежды может существенно снизить вред, наносимый легкой промышленностью окружающей природе и человеку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития легкой промышленности России на период до 2025 года. Проект. – <https://minpromtorg.gov.ru/storage/797ced43-043d-4b4e-b72b-3d36984adbc7/documents/6dc105ef-4020-4284-8616-95e1c1eb269c/2edcba54-941f-48b2-891f-d362f7262efa.docx> (дата обращения: 04.10.2024).

2. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов

- производства и потребления на период до 2030 года. – <http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf> (дата обращения: 12.10.2024)
3. Баранова А.Ф., Мамедов С.Н., Погодина И.В. Минимизация объема отходов, генерируемых текстильной промышленностью // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 5 (383). С. 283...287.
 4. Голов Р.С., Костыгова Л.А., Смирнов В.Г. Использование текстильных отходов: анализ состояния и перспективы развития // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. №5 (395). С. 241...250.
 5. Antonella Patti, Gianluca Cicala, Domenico Acierino. Eco-Sustainability of the Textile Production: Waste Recovery and Current Recycling in the CompositesWorld // Polimers. 2020. 13(1). С. 01...25. – https://www.researchgate.net/publication/348114776_Eco-Sustainability_of_the_Textile_Production_Waste_Recovery_and_Current_Recycling_in_the_Composites_World (дата обращения: 12.11.2024).
 6. Азанова А.А., Хисамиева Л.Г. Технологии переработки текстильных отходов: проблемы и перспективы // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3 (405). С. 257...263.
 7. Eliseeva E. Environmental management as an important element of the concept of sustainable development of the organization / 19th International multidisciplinary scientific GEOconference SGEM 2019. Albena, Bulgaria. С. 299...306.
 8. Пат. 2144300 С1 Российская Федерация, МПК А41D 1/22, С14В 7/06, D04D 9/04. Способ изготовления комбинированной одежды.
 9. Пат. 264440 Российская Федерация, МПК А41D 13/00. Комбинезон для защиты от холода (варианты).
 10. Каюмова Р.Ф., Григорьева З.Р., Будеева О.Н. Разработка одежды для детей с врожденными и приобретенными нарушениями осанки // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5 (395). С. 169...174.
 11. Пат. 2788152 С1 Российская Федерация, МПК А41D 31/02. Композиционный материал для одежды.
 12. Qi Zhang, Da Li Ma. The product development and brand strategy for low carbon clothing // Applied mechanics and materials. 2013. Vol. 291-294. С. 1582...1585. – https://www.researchgate.net/publication/258744729_The_Product_Development_and_Brand_Strategy_for_Low_Carbon_Clothing (дата обращения 06.10.2024)
 13. Жогова М.В., Шеромова И.А. Синтез технологий и традиций в современной индустрии моды на примере использования войлоковаления в дизайне одежды // Современные проблемы науки и образования. 2014. №4. С. 219...225.
 14. Кенжибаева Г.С., Сулейменова Т.Н., Иманкулова М.Н. и др. Математическое моделирование влияния технологических параметров на процесс изготовления нетканого полотна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 109...114.
 15. Klaus Doelle. Reinventing Hemp as Bio Fiber Material for Industrial Applications: Past, Present and the Future // Advances in Research. 2024. 25(2). С. 98...112. – https://www.researchgate.net/publication/378295264_Reinventing_Hemp_as_Bio_Fiber_Material_for_Industrial_Applications_Past_Present_and_the_Future / (дата обращения 28.08.2024)
 16. Hetal Mistry. Hemp fiber: the ideal fiber for future // Textile Value Chain. June 2020. С. 56...62. – <https://textilevaluechain.in/news-insights/hemp-fibre-the-ideal-fibre-for-future/> (дата обращения 28.08.2024)
 17. Pallavi Sunil Gudulkar. List of Eco-friendly Fibers in Textile Industry: Properties and Application. – <https://textilelearner.net/eco-friendly-fibres-in-textile-industry/> (дата обращения 28.08.2024)
 18. Каюмова Р.Ф., Девятьярова Н.Б. Ткань из конопли: свойства и применение // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 1 (409). С. 46...50.
 19. Muhammad Zugerman Hider, Shahid Adeel, Naveed Sultan etc. Mushroom-Based Natural Dyes Color in Textiles // Sustainable Textiles: Production, Processing, Manufacturing & Chemistry. 2023. С. 79...101. – https://colab.ws/articles/10.1007%2F978-3-031-47471-2_5 (дата обращения 6.09.2024)
 20. Moore S.B., Ausley L.W. Systems thinking and green chemistry in the textile industry: concepts, technologies and benefits // Journal of Cleaner Production. 2004. V. 12 (6). С. 586...601. – https://www.researchgate.net/publication/245167375_Systems_thinking_and_green_chemistry_in_the_textile_industry_Concepts_technologies_and_benefits (дата обращения 06.09.2024)
 21. Marina Naoumkina, Doug J. Hinchliffe, Gregory N. Thyssen. Naturally colored cotton for wearable applications // Frontiers in Plant Science. 2024. V 15. С. 02...07. – <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2024.1350405/full> (дата обращения 06.10.2024)
 22. Zhang G., Zheng H., Zheng L. Optimisation of eco-friendly reactive dyeing of cellulose fabrics using supercritical carbon dioxide dyeing technology // Journal of Net Fibers. 2017. V 15 (1). С. 1...10.
 23. Flint India. Eco Colour: Botanical Dyes for Beautiful Textiles. Random House (USA). 2010. P. 556.
 24. Фролов В.Г., Дробот Е.В., Абрамов Е.Г. Реализация стратегий Индустрии 4.0 российскими и зарубежными предприятиями: возможности для российской текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 312...323.
 25. Коробцева Н.А., Арефьева С.М., Обетковская М.А. Цифровая мода: на стыке искусства, дизайна и диджитал технологий // Вестник ГГУ: электрон. журн. 2024. № 5. С. 86...96.
 26. Каюмова Р.Ф., Лопатина Д.А., Иванова А.А. Костюмы для тематических фотосессий с элементами цифровизации // Известия вузов. Технология

REFERENCES

1. Strategy for the development of light industry in Russia for the period until 2025. Project. – <https://minpromtorg.gov.ru/storage/797ced43-043d-4b4e-b72b-3d36984adbc7/documents/6dc105ef-4020-4284-8616-95e1c1eb269c/2edcba54-941f-48b2-891f-d362f7262efa.docx> (accessed: 10.04.2024).
2. Strategy for the development of industry for the processing, recycling and disposal of production and consumption waste for the period until 2030. – <http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf> (accessed: 10.12.2024)
3. *Baranova A.F., Mamedov S.N., Pogodina I.V.* Minimize the amount of waste generated by the textile industry // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. No. 5 (383). P. 283...287.
4. *Golov R.S., Kostygova L.A., Smirnov V.G.* The use of textile waste: analysis of the state and development prospects // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. № 5 (395). P. 241...250.
5. *Antonella Patti, Gianluca Cicala, Domenico Acierno.* Eco-Sustainability of the Textile Production: Waste Recovery and Current Recycling in the CompositesWorld // *Polimers*. 2020. 13(1). P. 01...25. – https://www.researchgate.net/publication/348114776_Eco-Sustainability_of_the_Textile_Production_Waste_Recovery_and_Current_Recycling_in_the_Composites_World (accessed: 12.11.2024).
6. *Azanova A.A., Khisamiyeva L.G.* Technologies of textile waste processing: problems and prospects // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2023. № 3 (405). P. 257...263.
7. *Eliseeva E.* Environmental management as an important element of the concept of sustainable development of the organization / 19th International multidisciplinary scientific GEOconference SGEM 2019. Albena, Bulgaria. P. 299...306.
8. Patent 2144300 C1 Russian Federation, IPC A41D 1/22, C14B 7/06, D04D 9/04. Method of manufacturing combined clothing.
9. Patent 264440 Russian Federation, IPC A 41 D 13/00. Overalls for protection against cold (options).
10. *Kayumova R.F., Grigorieva Z.R., Budeeva O.N.* Clothes design for children with congenital and acquired posture disorders // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. № 5 (395). P. 169...174.
11. Patent 2788152 C1 Russian Federation, IPC A41D 31/02. Composite material for clothing.
12. *Qi Zhang, Da Li Ma.* The product development and brand strategy for low carbon clothing // *Applied mechanics and materials*. 2013. Vol. 291-294. P. 1582...1585. – https://www.researchgate.net/publication/258744729_The_Product_Development_and_Brand_Strategy_for_Low_Carbon_Clothing (accessed 06.10.2024)
13. *Zhogova M.V., Sheromova I.A.* Synthesis of technologies and traditions in the modern fashion industry on the example of the use of felting in clothing design // *Modern problems of science and education*. 2014. № 4. P. 219...225.
14. *Kenzhebayeva G.S., Suleimenova T.N., Imankulova M.N. etc.* The mathematical modeling of the influence of technological parameters on the manufacturing process of nonwoven fabric // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 2 (398). P. 109...114.
15. *Klaus Doelle.* Reinventing Hemp as Bio Fiber Material for Industrial Applications: Past, Present and the Future // *Advances in Research*. 2024. 25 (2). P. 98...112. – https://www.researchgate.net/publication/378295264_Reinventing_Hemp_as_Bio_Fiber_Material_for_Industrial_Applications_Past_Present_and_the_Future (accessed 13.12.2024)
16. *Hetal Mistry.* Hemp fiber: the ideal fiber for future // *Textile Value Chain*. June 2020. P. 56...62. – <https://textilevaluechain.in/news-insights/hemp-fibre-the-ideal-fibre-for-future/> (accessed 28.08.2024)
17. *Pallavi Sunil Gudulkar.* List of Eco-friendly Fibers in Textile Industry: Properties and Application. – <https://textilelearner.net/eco-friendly-fibres-in-textile-industry/> (accessed 28.08.2024)
18. *Kayumova R.F., Devyatyarova N.B.* Hemp fabric: properties and application // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2024. № 1 (409). P. 46...50.
19. *Muhammad Zugurman Hider, Shahid Adeel, Naveed Sultan etc.* Mushroom-Based Natural Dyes Color in Textiles // *Sustainable Textiles: Production, Processing, Manufacturing & Chemistry*. 2023, P. 79...101. – https://colab.ws/articles/10.1007%2F978-3-031-47471-2_5 (accessed 06.09.2024)
20. *Moore S.B., Ausley L.W.* Systems thinking and green chemistry in the textile industry: concepts, technologies and benefits // *Journal of Cleaner Production*. 2004. V. 12 (6). P. 586...601. – https://www.researchgate.net/publication/245167375_Systems_thinking_and_green_chemistry_in_the_textile_industry_Concepts_technologies_and_benefits (accessed 06.09.2024)
21. *Marina Naoumkina, Doug J. Hinchliffe, Gregory N. Thyssen.* Naturally colored cotton for wearable applications // *Frontiers in Plant Science*. 2024, V. 15. P. 02...07. – <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2024.1350405/full> (accessed 06.10.2024)
22. *Zhang G., Zheng H., Zheng L.* Optimisation of eco-friendly reactive dyeing of cellulose fabrics using supercritical carbon dioxide dyeing technology // *G. Net Fibers*. 2017. V. 15 (1). P. 1...10.
23. *Flint India.* Eco Colour: Botanical Dyes for Beautiful Textiles. Random House (USA). 2010. River. P. 556.

24. *Frolov V.G., Drobot E.V., Abramov E.G.* Implementation of industry 4.0 strategies by russian and foreign enterprises: chances for the russian textile industry // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 2 (398). P. 312...323.

25. *Korobtseva N.A., Arefieva S.M., Obetkovskaya M.A.* Digital fashion: at the intersection of art, design and digital technologies // *Vestnik GG: electron. zhurn.* 2024. № 5. P. 86...96.

26. *Kayumova R.F., Lopatina D.A., Ivanova A.A.* Costums for thematic photo shoots with elements of digitalization // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2023. № 5 (407). P. 203...208.

Рекомендована кафедрой технологии и конструирования одежды Уфимского государственного нефтяного технического университета. Поступила 27.11.24.
