

Секция 4

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ И ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

УДК 675.92

Обзор современных технологий производства искусственных кож

Борозна В.Д., к.т.н., доц.,

Витебский государственный
технологический университет,
г. Витебск,
Республика Беларусь

Реферат. Искусственная кожа – современный комплексный полимерный материал, широко используемый в производстве изделий текстильной и легкой промышленности. В настоящее время ассортимент искусственных кож достаточно разнообразен. Сырьем для их создания служат различные классы полимеров.

В статье приведен краткий обзор развития производства искусственных кож, приведены основные виды полимерного сырья, перерабатываемого по современным технологиям производства искусственных кож.

Ключевые слова: искусственная кожа, верх обуви, технология, производство.

Обувная промышленность является одной из динамично развивающихся отраслей с высоким уровнем конкуренции. С целью обеспечить постоянный спрос на обувь, производители вынуждены разрабатывать и внедрять новые технологии и материалы на всех этапах проектирования и изготовления обуви.

Для того чтобы удовлетворить спрос потребителей и улучшить потребительские свойства обуви, все больше стали применять композиционные материалы, к которым можно отнести композиционные текстильные материалы (например, мембранные материалы) и искусственные кожи (ИК) [1].

По данным маркетингового исследования компании Grand View Research объем мирового рынка по производству ИК составит 33 млрд долл. США и ожидается, что совокупный годовой темп роста составит 8,0 % в период с 2022 по 2030 год [2]. Данные цифры подтверждаются исследованиями рынка производства ИК, проведенными компанией Exactitude Consultancy. Согласно отчету компании Exactitude Consultancy, рост мирового рынка ИК в первую очередь обусловлен такими факторами, как развитие технологий производства, ценовой конкурентоспособности (стоимость натуральных материалов продукции из них выше по сравнению с искусственными материалами и продукцией из них), защита окружающей среды и животных, а также увеличение спроса со стороны обувной промышленности [3].

Целью исследования является обзор современных технологий производства искусственных кож для верха обуви, анализ их характеристик, преимуществ и недостатков, а также перспектив их применения при производстве обуви.

В настоящее время многие изготовители и организации торговли используют термины «экокожа», «веган-кожа», «искусственная кожа», «синтетическая кожа», «композиционная кожа», «прессовая кожа» и т. п. Для многих указанных понятий не имеется стандартизованных определений. Большинство ученых трактуют термин «искусственная кожа» по-разному. В Большой советской энциклопедии и Политехническом словаре данный термин трактуют одинаково и дают следующую формулировку: «Кожа искусственная – полимерный материал промышленного производства, применяемый вместо натуральной кожи для изготовления обуви, одежды, головных уборов, галантерейных и некоторых технических изделий».

В статье Андриановой Г. П. представлена трактовка этого термина: «Искусственная кожа – это широкий круг композиционных полимерных материалов, применяемых для изготовления обуви, одежды, головных уборов, галантерейных изделий, а также многочисленных материалов и изделий технического назначения и призванных как восполнить дефицит натурального сырья, и прежде всего натуральной кожи, так и предоставить относительно дешевые материалы для различных применений, зачастую с уникальными и специфическими свойствами [4]».

В своей статье Бондарева Н. А. предлагает давать объяснение термина ИК как «многослойный рулонный материал, включающий, по меньшей мере, два чередующиеся слоя: волокнистой основы текстильной (тканой, нетканой, трикотажной) или бумажной и покрытия, формируемого из раствора, дисперсии или расплава полимера на лицевой и/или изнаночной стороне основы и/или пропитывающего её» [5].

В учебной литературе по материаловедению термин «искусственная кожа» истолковывается следующим образом: «Искусственной кожей называют мягкие и тонкие кожеподобные материалы, заменяющие натуральную кожу для верха, подкладки и внутренних деталей обуви и кожгалантерейных изделий» или «Искусственная кожа представляет собой волокнистую или тканевую основу, проклеенную или пропитанную латексами, растворами полимеров или смолами и относится к слоистым композиционным материалам, которые состоят из листовых или расположенных послойно волокнистых компонентов, скрепленных между собой с помощью связующего» [6].

Согласно ГОСТ 33099-2014 «Изделия из кожи. Метод определения применяемых материалов» применяют следующие термины с соответствующими определениями:

- 1) кожа – шкура животного, подвергшаяся специальной обработке;
- 2) искусственная кожа – основа (ткань, трикотаж, нетканое полотно), покрытая (или пропитанная) полимером или композицией полимеров;
- 3) синтетическая кожа – иглопробивная основа из синтетических волокон, пропитанная растворами или дисперсиями высокомолекулярных веществ, с лицевым покрытием на основе полиэфируретанов.

4) композиционная кожа – продукт на основе натуральной кожи, её частей или кожевенных волокон, полученный механическим и/или химическим способом, с применением или без применения связующего агента, в виде листов, лент, рулонов [7].

Анализируя определения «искусственная кожа» и «синтетическая кожа» можно заметить противоречия. Синтетической кожей называют материал, имеющий иглопробивную нетканую основу из синтетических волокон, что по своей сути тоже можно назвать искусственной кожей.

В связи с выше сказанным автор будет называть искусственной кожей все материалы по своим характеристикам не отвечающие свойствам натуральной кожей, так как их структура не соответствует натуральному белку – коллагену, обладающему уникальными свойствами после обработки. При механическом повреждении, в отличие от натуральной кожи, искусственные материалы не восстанавливаются и плохо поддаются ремонту. По сравнению с натуральной кожей такие материалы обладают более низкими значениями биологических и химических показателей безопасности [8].

Производство ИК насчитывает более 200 лет. Первым примером ИК можно назвать изготовление ткани, пропитанной натуральным каучуком, индейцами Южной Америки. Эта технология была описана в отчете о путешествии в Южную Америку в 1735–1745 гг. французского путешественника и исследователя Шарля Мари де-ля Кондамина. Подробное описание данного метода способствовало дальнейшему исследованию каучука. Это сподвигло англичанина С. Пиль изобрести способ производства текстильного материала, пропитанного раствором каучука и получить на него первый патент в 1791 году. В 20-х годах XIX века англичанин Макинтош сделал непромокаемое пальто из пропитанной раствором каучука ткани. А в 1832 г. в Петербурге была основана резиновая фабрика, производившая таким же способом верх для «мокростойкой» обуви. В это же самое время, в Бостане, Е. Чаффи начал производить каучуковые крыши для хижин и фургонов, головные уборы, обувь и одежду. Однако потребители начали отказываться от этих изделий из-за того, что они со временем становились не пригодными для носки. При пониженных температурах атмосферного воздуха одежда становилась твердой, а при повышенных – расползалась, обувь была бесформенной и непрочной [9, 10].

Однако все изменилось в связи с открытием Чарлизом Гудьиром в 1839 году процесса вулканизации каучука, нагрева его серой. Это позволило получить стойкие водонепроницаемые материалы. Хотелось бы отметить, что в начале развития производства ИК наряду с натуральным каучуком использовалось и другое естественное полимерное сырье: гуттаперча, целлюлоза, крахмал, белки. В шестидесятых годах XVIII века появились первые ИК, представляющие собой ткани с нитроцеллюлозными покрытиями. В 1932 году в СССР впервые в мире был введен в эксплуатацию завод по производству синтетического каучука по методу академика С. В. Лебедева [10,11].

Производство ИК получило широкое развитие благодаря успешным исследованиям в области физики, химии полимеров, организации промышленного выпуска новых полимеров (поливинилхлорида, полиуретана, полиакрилата, синтетических латексов и т. д.), пласти-

фикаторов, стабилизаторов, пигментов и других специальных добавок. Разработка новых полимерных материалов позволила создать искусственные кожи различного целевого назначения, отвечающие разным требованиям к эксплуатации изделия [9].

В производстве ИК обычно выполняют четыре группы процессов: подготовку волокнистых основ, пропиточных и отделочных композиций; подготовку полимерной композиции для покрытия; пропитку основ и нанесение лицевого покрытия; отделку материалов. Общая схема технологического процесса производства ИК представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общая схема технологического процесса производства ИК [9]

Первоначально, в зависимости от вида ИК, готовят сырые резиновые смеси, из которых затем растворением получают пропиточные составы (клеи), нитроцеллюлозные грунты, латексные смеси, пасты или пластикат поливинилхлорида.

Для полимерных композиций используют такие полимеры, как полиуретан (ПУ), поливинилхлорид (ПВХ), поливинилденхлорид (ПВДХ), полиметилметакрилат (ПММА), этиленвинил ацетат (ЭВА), полиолефины, полипропилены (ПП) и другие. В состав композиции могут входить УФ-стабилизаторы, наполнители для улучшения механических свойств, антиоксидантов, пигменты и другие вещества, позволяющие придавать конечному продукту дополнительные свойства [12].

Технология нанесения покрытия представляет собой процесс, в котором полимерный слой наносят непосредственно на поверхность текстильной основы. Существуют различные виды нанесения покрытий, такие как:

- каландровый способ;
- способ каширования;
- наносной способ (прямой и обратный способ);
- каландрово-наносной способ;
- экструзионное покрытие горячим расплавом;
- ламинирование.

Сущность каландрового способа заключается в том, что процесс формования и обработки полимеров осуществляется на специальных агрегатах, главной частью которой является каландр. Переработка полимерных композиций на каландрах осуществляется путем непрерывного пропускания материала через зазор между валками. Каландровый способ обеспечивает калибрование покрытия с большей точностью, что позволяет получать однородную по свойствам продукцию. Существенным недостатком данного способа является каландровый эффект. При каландровании в материале создаются сдвиговые деформации. Они складываются из вязкого течения и развивающихся значительных высокоэластических деформаций полимерных расплавов. Одновременно в материале возникают напряжения, приводящие к ориентации молекул. Вследствие достаточно высокой скорости приемки каландруемого полотна, примерно равной скорости каландрования, эти напряжения не успевают релаксировать, и возникшая в пленке ориентированная структура замораживается, что приводит к анизотропии свойств материала, получаемого данным методом [13].

Разновидностью валкового способа нанесения полимерных расплавов на основу является получение многослойных ИК с помощью кашировальных машин. Этим способом получают в основном ИК с монолитной полимерной структурой. При добавлении соответствующих приспособлений с помощью кашировальных машин можно получить многослойные дублированные материалы типа «сэндвич» (полимерный слой между полотнами основы). Кашировальная машина, по своей сути, представляет собой двухвалковый каландр. Преимущество способа каширования по сравнению с каландровым состоит в получении малоориентированных полимерных покрытий, отличающихся лучшими механическими свойствами [14].

Наносной способ имеет две разновидности: прямой и переносной (обратный) способ. При прямом способе полимерную композицию наносят непосредственно на основу: сначала идет наложение пористого слоя, затем непористого. Сущность переносного способа заключается в том, что лицевое покрытие наносится не на основу, а на транспортер-подложку, который является несущим и воспринимает натяжение, возникающее при прохождении обрабатываемого материала через агрегат. Составляющие слои ИК наносят в обратном порядке, поэтому переносной способ иногда называют обратным. Этот способ позволяет получать ИК тонкой структуры на неплотных основах, которые сложно обрабатывать прямым способом вследствие большой растяжимости или относительно малой прочности.

В качестве транспортера-подложки используют текстильные ткани с силиконовой пропиткой, гладкую или тисненую силиконированную бумагу и металлические ленты. Рельефная поверхность транспортера-подложки дает возможность исключить операцию тиснения. После формирования полимерных слоев в обратном порядке на несущей подложке, дублирования этих слоев с основой и термообработки материала транспортер-подложку отделяют от полуфабриката и направляют на перемотку (для визуального осмотра) и восстановление.

ИК, полученные переносным способом, отличаются лучшим качеством (лучшая драпируемость, мягкость), однако способ требует дополнительных затрат на изготовление и восстановление несущего транспортера-подложки.

Иногда в процессе получения различных видов ИК при формировании составляющих слоев полимерного покрытия используют разное оборудование: слой, содержащий порообразователь, наносят на основу на каландре, а монолитный слой – с помощью наносных машин. Такой способ называют каландрово-наносным, или комбинированным. ИК, получаемые комбинированным способом, по показателям физико-механических свойств приближаются к материалам, полученным каландрованием.

Экструзионное покрытие горячим расплавом используется для термопластичных полимеров, таких как ПУ, полиолефины и ПВХ, которые наносятся путем подачи гранул материала в зазор между подвижными термовалками, гранулы плавятся за счет высокой температуры и сдвиговых усилий на валке. Полученная пленка прессуется на тканевую подложку на дублирующих валках, возможно нанесение адгезива на ткань. Преимуществами этого процесса являются: непосредственное преобразование гранул в осажденную пленку, возможность внесения быстрых изменений в ходе процесса и использование для выпуска небольших партий [12].

При методе ламинирования используют экструзионно-ламинирующие установки, при работе которых из расплава полимера образуется непрерывная пленка, соединяющаяся с основой в зоне валков [15].

Сейчас ведутся научно-исследовательские работы в области совершенствования способ и технологии производства ИК. Такие ученые как И.Х. Хусаинов, А.З. Ильясов, С.А. Волкова, С.А. Махмуров, С.Н. Ильин, Н.И. Шишков, В.Н. Аликин, Г.Э. Кузьмицкий, И.И. Мокрецов, А.Н. Парахин, Л.Д. Порошина, В.А. Соловьева, Н.В. Метлина, Е.В. Фомина, Н.И. Прокопчук

занимаются модернизацией полимерных композиций [16–20]. Ученые Сергиенко Н.И., Завальнюк Н.П., Махмуров А.Г., Ильин С.Н., Новожилова О.С., Кузина В.А., Мараховский М.Г., Самигулин Ф.К., Царегородцева Г.К., Белогусева К.И., Мякин В.И., Гайдарова Л.Л., Цивинская Л.К., Касьянова А.А., Головкина Л.Ф., Степанова А.В., Штерн И.А., Мирошниченко Б.А., Коноплева Л.И., Греков А.П., Сухорукова С.А., Чумак Л.А., Вершинин Л.В., Демина Г.С., Козлов С.Н., Кузина Л.В., Мизеровский Л.Н., Почивалов К.В., Репина Н.С., Романенко Н.Ф., Сорокина Т.Б., Чайанов Р.А., Яковлев К.П., Яхнин Е.Д., Пахомов С.И., Андрианова Г.П., Жиряков А.В., Михайлова Т.В. занимаются модернизацией способа нанесения полимерного слоя и методов получения пористого слоя, пропитки и операций подготовки волокнистых основ [21–26]. Одним из направлений производства ИК их отходов НК занимаются Занцев В.К., Гусев В.И., Маслов В.М., Шеварногов В.С., Цыганков В.И. [27].

В настоящее время для предотвращения или сокращения загрязнения атмосферы, воды и почвы, а также количества отходов, образующихся на промышленных предприятиях, для обеспечения высокого уровня защиты окружающей среды появилось новое направление производства ИК на биологической основе.

Недавно были разработаны более натуральные и экологически чистые альтернативы животной коже, в том числе материалы из бактериальной целлюлозы, волокна ствола банана, листьев кактуса, волокна манго, листьев ананаса, выращенных в лаборатории коллагена и грибной мицелии. В зарубежной литературе все чаще стал встречаться термин «Vegan leather», которая была создана путем воспроизводства остатков или выращивания биологических клеток.

В 2014 году ученые из Queensland University of Technology и из The Edge успешно выращивают ИК из чая комбуча. Комбуча – это ферментированный чай, созданный путем добавления смешанной бактерии и пробиотика (называемого SCOBY). Бактерии получают питательные вещества из дрожжей и вырабатывают защитную массу из отдельных волокон целлюлозы. В результате получается гибкий лист кожи, который можно раскраивать и изготавливать изделий. Материал является водонепроницаемым и биологически безопасным.

В 2016 году биотехнологический стартап Modern Meadow изобрели технологию выращивания лабораторной кожи из клеток кожи, вырабатывающих коллаген, под названием «биофабрикация». Они производят коровий коллаген, коллаген аллигатора или любой другой вид коллагена, используя набор инструментов биотехнологии.

Голландский дизайнер Tjeerd Veenhoven использовал пальмовые листья для выращивания ковров, как и кожу, называемую пальмовой кожей. Он смешал глицерин, воду и некоторые другие материалы, чтобы смягчить и придать пальмовым листьям пластичность, поскольку этот лист имеет природную хрупкость, что затрудняет реализацию продукта. После этого небольшие полоски пальмы спрессовываются и прикрепляются к тканой основе. Пальмовая кожа является потенциальным будущим материалом не только для моды, но и для мебельной промышленности.

Довольно распространенным «веганским материалом» является Piñatex, разрабо-

танный Dr. Carmen Hijosa, он производится из целлюлозного волокна, извлеченного из отходов листьев ананаса, полимолочной кислоты (PLA) и смол на основе масла [28].

В настоящее время ведутся научные разработки по производству заменителей кожи из мицелия грибов. Мицелий – это вегетативная часть грибов, построенная на переплетённой сети тонких трубчатых нитей, обычно называемых гифами. Согласно MarketandMarket, заменители кожи на основе грибов заняли лидирующую долю в 26,6 % от общего объема рынка био/растительной продукции в 2021 году и, по оценкам, будут расти со среднегодовым темпом роста 7,7 % в период с 2022 по 2027 год. Хотя текущий размер рынка заменителей кожи на биологической/растительной основе незначителен по сравнению с обычной кожей из кожи животных, различные прогнозы роста указывают на то, что это развивающийся рынок со значительным потенциалом роста [29].

Современные технологии позволяют производить ИК с различной структурой и свойствами. Однако, по-прежнему, актуальной задачей создание ИК наиболее полно имитирующей натуральные кожи не только по внешнему виду, но и по свойствам, особенно по технологическим свойствам. Это направление важно для обувной промышленности. Создание ИК, адаптированной к условиям эксплуатации обуви, является важным направлением для обувной промышленности. Использование современных полимерных материалов, варьирование структурных характеристик текстильных основ ИК, а также покрытий ИК, позволит задавать необходимые свойства материалам в широком диапазоне.

Список использованных источников

1. Борозна, В. Д. Формовочные свойства текстильных основ искусственных кож / Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: материалы VIII Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, Гомель, 22–24 ноября 2024г.– Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2024. – С. 54–55.
2. Synthetic Leather Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (PU, PVC, Bio-based), By Application (Footwear, Clothing, Furnishing, Automotive, Wallets, Bags & Purses), By Region, And Segment Forecasts, 2022 - 2030 [Электронный ресурс]: Grand View Research. – Режим доступа: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/synthetic-leather-market>. – Дата доступа 05.12.2024.
3. Обзор рынка синтетической кожи (искусственная кожа) и темпы роста [Электронный ресурс]: Exactitude Consultancy. – Режим доступа: <https://exactitudeconsultancy.com/ru/reports/27697/synthetic-leather-artificial-leather-market/#report-outlook>. – Дата доступа 05.12.2024.
4. Андрианова, Г. П. Искусственные кожи – что это такое. Искусственные кожи – типы, строение, свойства и применения / Г. П. Андрианова // Соровский образовательный журнал. – 1999. – № 9. – С. 52–58.
5. Бондарева, Н. А. Концепция двадцатого века «Искусственная кожа» в веке двадцать первом / Н. А. Бондарева // Кожевенно-обувная промышленность. – 2012. – № 2. – С. 29.

6. Материаловедение: учебник / В. А. Струк [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 519 с.
7. Изделия из кожи. Метод определения применяемых материалов [Текст]. – ГОСТ 33099-2014.–Введ. 2016.-02.-01. – Москва: Издательство стандартов, 2016. – С. 12.
8. Боровко, Я. Н. Кожа и изделия из нее: для правильной идентификации нужны изменения / Я. Н. Боровко // Стандартизация. – № 2. – 2023. – С. 12–28.
9. Полимеры в производстве ИСКОЖ [Электронный ресурс]: Аналитический портал химической промышленности. – Режим доступа: https://newchemistry.ru/letter.php?n_id=1699.- Дата доступа 05.12.2024.
10. Никитика, Л. Л. Обзор развития и состояния производства искусственных кож для изделий легкой промышленности / Л. Л. Никитина, О. Е. Гаврилова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 21 (Т.16).– С. 184–187.
11. Краснов, Б. Я. Искусственные кожи / Б. Я. Краснов. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 151 с.
12. Вишневская, О. В. Современные методы нанесения покрытия на текстиль / О. В. Вишневская // Вестник технологического университета. – № 18 (Т19). – 2016. – С. 69–72.
13. Абдуллин, И. Ш. Технология каландрования полимеров для изготовления тканей с мембранным покрытием / И. Ш. Абдуллин, Р. Г. Ибрагимов, О. В. Вишневская, В. В. Вишневский, Н. В. Осипов, Ю. В. Шараев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014.–№13. – С. 102–109.
14. Андрианова, Г. П. Химия и технология полимерных пленочных материалов и искусственной кожи: учеб. для вузов. В двух частях. Часть вторая. Технологические процессы производства полимерных пленочных материалов и искусственной кожи / Г. П. Андрианова, К. А. Полякова, А. С. Фильчикова, Ю. С. Матвеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 384 с.
15. Kunal Singha A review on Coating & Lamination in Textiles: Processes and Applications / Kunal Singha // American Journal of Polymer Science. – 2012. – № 2(3). – P. 39–49.
16. Способ получения супермягкой искусственной кожи : пат. 2003115415 РФ: МПК D06N3/06 / И. Х. Хасанович, И. А. Зиевич. – Оpubл.: 10.02.2003.
17. Способ получения искусственной кожи: а.с. 701187 РФ: МПК D06N3/06, C08L27/06 / С. А. Волкова, А. Г. Махмуров, С. Н. Ильин, Л. А. Островская, А. Т. Пономарев, М. Н. Гудименко, Г. К. Пытов, Ю.Н. Ханукаева. – Оpubл.: 19.06.1995.
18. Полимерная композиция, искусственная кожа на её основе и способ получения искусственной кожи: пат. 2005831 РФ: МПК D06N3/14 / З.П. Пак, А.-В.К. Сташкус, О. А. Суханов, Н. И. Шишов, Г. И. Яковлева, В. И. Гордеев, Ю. Г. Анцыгин, С. Я. Широкова, Н. В. Панова, И. В. Бородачев, А. А. Матвеев. – Оpubл.: 15.01.1994.
19. Полимерная композиция для получения пленочных материалов и искусственной кожи: пат. 2199558 РФ: МПК C08L27/06 / В. Н. Аликин, Г. Э. Кузьмицкий, И. И. Мокрецов, А. Н. Парахин, Л.Д. Порошина, В.А. Соловьева. – Оpubл.: 27.02.2003.

20. Способ изготовления искусственной кожи типа «Кирза»: пат. 2217535 РФ: МПК D06N3/06 / Н.В. Метлина, Е.В. Фомина, Н.И. Прокопчук. – Оpubл.: 27.11.2003.
21. Способ получения искусственной кожи: пат. 633317 РФ: МПК D06N3/06, D06N3/14/ Н. И. Сергиенко, Н. П. Завальнюк, А. Г. Махмуров, С. Н. Ильин, О. С. Новожилова, В. А. Кузина, М. Г. Мараховский, Ф. К. Самигулин, Г.К. Царегородцева, К.И. Белогусева, В.И. Мякин. – Оpubл.: 19.06.1995.
22. Способ получения пористого материала: пат. 2005748 РФ: МПК C08L75/04, C08K7/02/ Л. Л. Гайдарова, Л.К. Цивинская. – Оpubл.: 15.01.1994.
23. Способ получения обувной подкладочной искусственной кожи: пат. 2023098 РФ: МПК D06N3/14 / А. А. Касьянова, Л. Ф. Головкина, А. В. Степанова, И. А. Штерн, Б. А. Мирошниченко, Л. И. Коноплева, А. П. Греков, С. А. Сухорукова, Л. А. Чумак. – Оpubл.: 15.11.1994.
24. Способ получения искусственной кожи: пат. 2074274 РФ: МПК D06N3/08 / Л. В. Вершинин, Г. С. Демина, С. Н. Козлов, Л. В. Кузина, Л. Н. Мизеровский, К. В. Почивалов, Н. С. Репина, Н. Ф. Романенко, Т. Б. Сорокина, Р. А. Чаянов, К. П. Яковлев, Е. Д. Яхнин. – Оpubл.: 27.02.1997.
26. Способ получения волокнисто-пористого материала: пат. 2096428 РФ: МПК C08J9/28, B01D71/26 / С.И. Пахомов, Г.П. Андрианова, А.В. Жиряков, Т.В. Михайлова. – Оpubл.: 20.11.1997.
27. Способ изготовления искусственной кожи: пат. 2010862 РФ: МПК C14B7/04, C08H1/06 / В. К. Занцев, В. И. Гусев, В. М. Маслов, В. С. Шеварногов, В. И. Цыганков. – Оpubл.: 15.04.1994.
28. Nhut Tran Minh, Ha Ngo Ngan; Vegan leather: An eco-friendly material for sustainable fashion towards environmental awareness. AIP Conf. Proc. 20 September 2021; 2406 (1): 060019. <https://doi.org/10.1063/5.0066483>.
29. Ayodeji Amobonye, Japareng Lalung, Mukesh Kumar Awasthi, Santhosh Pillai, Fungal mycelium as leather alternative: A sustainable biogenic material for the fashion industry / Ayodeji Amobonye, Japareng Lalung, Mukesh Kumar Awasthi, Santhosh Pillai // Sustainable Materials and Technologies. – 2023. – Vol.38. – P.1–13 <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2023.e00724>.