

2. **Kendrik, Y. H. L.** A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives / Y. H. L. Kendrik, Z. Pai, C. Chun-Hsien // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2020. – Vol. 31. – P. 1313–1337.

3. **Nikitina, M. A.** About a Digital Twin of a food product / M. A. Nikitina, I. M. Chernukha, A. V. Lisitsyn // Theory and practice of meat processing. – 2020. – № 5 (1). – P. 4–8.

4. **Прохоров, А.** Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров, М. Лысачев. – 1-е изд., испр. и доп. – М. : АльянсПринт, 2020. – 401 с.

5. **Уткина, А. С.** Квалиметрия, сертификация и цифровые двойники – борьба или единство альтернатив? / А. С. Уткина, В. П. Карагодин // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 26 апр. 2022 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург : Урал. гос. экон. ун-т, 2022. – С. 142–144.

УДК 685.34.082

**М. В. Шевцова** ([mshevtsova1@mail.ru](mailto:mshevtsova1@mail.ru)),

*канд. техн. наук, доцент*

**А. Н. Буркин** ([a.burkin@tut.by](mailto:a.burkin@tut.by)),

*д-р техн. наук, профессор*

*Витебский государственный  
технологический университет  
г. Витебск, Республика Беларусь*

## ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАК ФАКТОР ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ ЦЕННОСТИ ТОВАРА

В условиях современного мира, где устойчивое развитие и экология становятся взаимосвязанными, вторичное использование ресурсов приобретает особую значимость. Оно не только способствует сохранению окружающей среды, но и становится важным фактором, влияющим на потребительскую ценность товара. Это связано с появлением нового формата потребительского поведения, вызванного изменениями ценностей самого потребителя и наделением новыми смыслами потребляемых товаров и услуг. В статье представлен обзор некоторых разработок в области использования вторичных ресурсов при производстве материалов и деталей обуви.

In the conditions of the modern world, where sustainable development and ecology are becoming interconnected, the secondary use of resources is acquiring special significance. It not only contributes to the preservation of the environment, but also becomes an important factor influencing the consumer value of the goods. This is due to the emergence of a new format of consumer behavior caused by changes in the values of the consumer himself and the endowment of new meanings of the goods and services consumed. The article presents an overview of some developments in the field of using secondary resources in the production of materials and shoe parts.

*Ключевые слова:* композиционные материалы; отходы обувного производства; целлюлозные и текстильные отходы; детали низа обуви.

*Key words:* composite materials; shoe production waste; cellulose and textile waste; shoe bottom parts.

Технология производства товаров на данный момент значительно отличается от производства прошлых лет. Используются новые химические компоненты и технологии. Товар призван служить человеку, но на всем его «жизненном» пути образуются отходы, опасные для человека. При производстве продукции только 20–25% возвращается обратно в производство, остальные 70–75% являются загрязнителями окружающей среды. Основными причинами образования отходов являются несовершенство технологий и оборудования, нарушения технологических режимов; несоответствие оборудования характеру протекающих процессов; неполнота химических реакций и протекание побочных процессов; изменение качества и условий подготовки сырья. В современном обществе все более важной становится проблема утилизации огромного количества образующихся отходов.

Отходы ухудшают экологические условия проживания человека. Положение усугубляется размещением вблизи населенных пунктов свалок бытовых отходов, которые горят, гниют и размываются дождями. При низкотемпературном горении ряда полимеров в большом количестве выделяются токсиканты, в том числе диоксины. Ветер переносит их на жилые массивы. Возможно проникновение вредных веществ под землю.

Структура отходов весьма разнообразна. Тем не менее, их можно разделить на три большие категории: бытовые отходы, минеральные (зола, шлак) и органические (древесные и дру-

гие растительные материалы), технологические отходы. Технологические отходы занимают значительные территории. По этой причине их переработка и уничтожение в настоящее время являются важной экологической задачей всех развитых стран.

Твердые технологические отходы весьма разнообразны как по свойствам, так и по воздействию на окружающую среду. Они включают в себя активные вещества, загрязняющие почву и вызывающие в ней нежелательные последствия. По источникам образования отходы представляют собой остатки сырья, материалов и полуфабрикатов, продукты физико-химической переработки сырья.

В настоящее время выросло новое поколение потребителей, которому присуще экологическое сознание и экологическое потребление. Экологическое сознание подразумевает способность понимания неразрывной связи человека с окружающей средой, влияния качества окружающей среды на благополучие и здоровье человечества в целом. Экологическое поведение – это комплекс практических действий человека, связанный с уважительным отношением к природным ресурсам и их рациональному использованию, в том числе с возрастанием доли отходов, возвращаемых в технологический процесс в качестве сырьевого компонента.

В современном мире появилось огромное количество представителей здорового образа жизни, выстраивающих свой повседневный уклад не только за счет активного занятия спортом, следования принципам здорового питания, но и особым потребительским поведением, включающим покупку товаров, произведенных с использованием ресурсосберегающих технологий, с включением переработанных отходов, а также товаров, производство которых связано с наименьшим отрицательным воздействием на окружающую среду. Приобретая товары или услуги, такой потребитель в первую очередь ориентируется на их символическое значение, заложенное в имидже, что привносит в жизнь потребителя новые смыслы, порой становится средством демонстрации определенной «философии жизни».

Происходящие изменения в потребительской ценности товара наряду с усилением экологического законодательства и надзора заставляют производителей все больше внимания уделять вопросам уменьшения объемов образования отходов путем внедрения в сферу производства образующихся технологических отходов. Многие производители при разработке новых материалов наряду с первичными сырьевыми компонентами стараются вовлекать и вторичное сырье. Так, в результате анализа рынка стелечных материалов для обуви можно сделать вывод, что многие производители при описании характеристик своего материала первоочередно располагают информацию о способности их материала к переработке и использованию в нем вторичного сырья.

Обувь является необходимым атрибутом повседневной жизни человека и включает в себя защитную функцию, т. е. предохраняет стопы человека от физических воздействий и экстремальных условий окружающей среды. Однако в последнее время обувь также стала являться и атрибутом определенного стиля жизни, статуса и жизненных приоритетов. Современные потребители часто ищут что-то новое и оригинальное, товар, основанный на вторичном использовании отходов, может удовлетворить запрос об этичном отношении к окружающей среде.

С каждым годом производство обуви увеличивается, что приводит к увеличению отходов обувного производства. Появляются новые методы, конструкции, но переработка отходов, образующихся при ее производстве, пока трудно реализуема. Большая часть негативного воздействия, вызванного обувью, в основном связана с производством основных материалов для деталей обуви.

На данный момент есть много разработанных технологий по переработке отходов литевых полиуретановых подошв, которые в небольшом количестве активно используются как вторичное сырье при производстве подошв из полиуретановой композиции. Однако при производстве обуви также в большом количестве образуются отходы кож для верха и подкладки обуви, стелечных картонов, термопластических материалов для подносок и задников обуви. Все эти отходы пока никак не вовлечены обратно в процесс производства и складываются на полигонах, где разлагаются длительное время и оказывают вредное воздействие на окружающую среду. Основная проблема их повторного использования заключается в том, что фирмы-производители не раскрывают состав и структуру этих материалов, поэтому не известно, как подобные материалы поведут себя при вторичной переработке.

В рамках научных исследований в Витебском государственном технологическом университете были проведены микроскопические анализы некоторых видов отходов термопластических материалов (ТПМ) зарубежного производства, широко применяемых в качестве задников и подносок на обувных предприятиях Республики Беларусь. Микроскопия показала, что по

своей структуре все исследуемые материалы являются композиционными, выполненными путем пропитки нетканого материала специальными латексами и покрытых термоклеевым полимером с одной или двух сторон. На микроскопических снимках ТПМ марок Biterm 327, Biterm 330 и Termo 345 отчетливо были видны извилистые волокна хлопка, которые представляют собой трубочку с каналом – отличительная особенность всех растительных волокон. ТПМ марок Flexan 31/OP, Technorcan 120, FONESYALI и Tenopren 120 – это упругоэластичные экструдированные материалы из нетканого текстильного полотна с односторонним термопластичным покрытием, в которых отчетливо была видна граница раздела «полимер – волокнистая основа». Расплавленная термопластичная масса соединена прямым контактом с одной стороны с нетканой основой из полиэфирных волокон. ТПМ марок Flexan 31/OP, Emsan и FONESYALI имеют высокий процент термоклеевого покрытия, предположительно производится по технологии коэкструзии (многослойная экструзия) из специальных термопластичных полимеров с термоклеевыми свойствами [1].

Проведенный микроскопический анализ образующих отходов ТПМ для задников и подносок показал огромное многообразие входящих в их состав компонентов. В их структуре могут присутствовать как натуральные растительные волокна (например, хлопок), так и синтетические (например, полиэфирные). Кроме этого, в них может содержаться разное количество термоклеевого покрытия на основе этиленвинилацетата, полистирола, полиэтилена, полиуретана [2]. Все эти факторы затрудняют теоретически прогнозировать, как поведут себя данные виды отходов при вторичной переработке.

Изучение белорусского сегмента сети «Интернет» показало, что абсолютное большинство предлагаемых к приобретению стелечных обувных картонов – зарубежного производства, изготовленных, как правило, многослойным отливом, из смеси первичных волокон целлюлозы и вторичного сырья с латексной пропиткой. Общим фактором в составе для всех обувных картонов является экологическая направленность новых разработок материалов: увеличение использования вторичного сырья, применение компонентов биологического происхождения. Следует отметить, что во многих видах стелечных картонов производители используют от 50 до 80% вторичного сырья, о чем указывают в описании материала.

В Витебском государственном технологическом университете в настоящее время проводятся научные исследования по разработке новых композиционных материалов с включением отходов стелечных картонов и ТПМ для подносок и задников. Помимо этих видов отходов исследуется возможность использования отходов древесного волокна от деревообрабатывающих производств и текстильных отходов, образующихся при производстве ковровых изделий [3].

Сочетание целлюлозных и полипропиленовых волокон при сухом способе производства материала можно использовать для получения деталей низа, для которых важными показателями являются низкая плотность и высокая твердость. В обуви такой деталью низа является промежуточная деталь низа – вкладыш в пяточной части обуви строчечно-литьевого метода крепления, который составляет 10–20% от объема подошвы. Использование вкладышей при литье низа обуви вызвано экономией дорогостоящей литьевой композиции, а также для упрочнения пяточной части. На обувных предприятиях Республики Беларусь сейчас применяются в основном вкладыши, изготовленные из отходов полиуретана и кожевенных волокон.

В Витебском государственном технологическом университете были получены и исследованы картоноподобные композиционные образцы из волокнистых компонентов (в различных процентных соотношениях), которые можно использовать в качестве промежуточной детали низа обуви – вкладыша в обуви строчечно-литьевого метода крепления. Экспериментальный образец для вкладыша из отходов целлюлозных и полипропиленовых волокон в сравнении с вкладышом-эталонном, используемым при производстве обуви строчечно-литьевого метода крепления на обувных предприятиях, обладает большей твердостью и меньшей плотностью, следовательно, он легче.

В процессе научных исследований также были получены образцы многослойных композиционных материалов, имеющие трехслойную структуру, состоящую из двух нетканых полотен и слоя измельченных отходов ТПМ для задников и подносок, выполняющего роль адгезива. Волокнистая основа придает композиционному материалу повышенную прочность, а расплав полимера образует при охлаждении твердые клеевые швы, отличающиеся высокой адгезией, эластичностью и гибкостью, что позволяет использовать данный материал в качестве вкладных стелек для обуви на низком каблучке.

При разработке рецептурно-технологической концепции преодоления фактора естественного ухудшения свойств вторичных обувных материалов при модифицировании их древесны-

ми волокнами были изготовлены и исследованы образцы волокнисто-наполненных композиционных материалов из отходов обувного пенополиуретана с содержанием древесного наполнителя в количестве 0,0–0,5 мас.%. Данные материалы могут быть рекомендованы для создания материалов типа «кожволон» для подошв и набоек в повседневной женской обуви [4].

При анализе свойств современных стелечных картонов на основе целлюлозы (марки Cellsan, Flexan 10, Texon, Flexan, Konitex) было установлено, что все они обладают недостаточной плотностью, что приводит к растрескиванию, проседанию, разломам основных стелек в области расположения решеток формованных подошв, и, как следствие, к увеличению возврата ношенной обуви от потребителей [5]. На основании данных результатов были разработаны и получены образцы трехслойных композиционных материалов: первый слой – резиновая крошка, второй слой – смесь отходов обувных стелечных картонов, отходов ТПМ для задников и подносок обуви, волокон лиственных и хвойных пород, смола ПВХ С-6359М, дибутилфталат, третий слой – снова резиновая крошка в разных пропорциях. Для стелечных картонов важным показателем высоких эксплуатационных свойств является изгибная жесткость. При исследовании свойств полученных композитов было выявлено, что на изгибную жесткость оказывает влияние соотношение волокнистых отходов и связующего вещества. Именно композиционный материал с соотношением «4 весовые части резиновой крошки : 2 весовые части волокнистых отходов : 4 весовые части резиновой крошки» обладал лучшим значением изгибной жесткости. Разработанный композиционный материал предложено использовать в конструкции стельки с ортопедическим эффектом. На внутренней стороне, прилегающей к стопе, для повышения комфорта носки рекомендовано наклеивать слой вкладной стельки из натуральной кожи или текстильного материала обувной подкладки. Применение подобной вкладной стельки будет служить дополнительной защитой для основных стелек из картонов от проникания паров пота от соприкосновения их со стопой, вызывающего расслоение слоев стелечных картонов в процессе эксплуатации обуви.

Представленные выше разработки свидетельствуют о том, что возможность уменьшения образующихся отходов легкой и деревообрабатывающей промышленности путем их использования для создания новых композиционных материалов вполне реализуема. На данный момент производители, которые осознают важность вторичного использования отходов и интегрируют его в свои бизнес-модели, могут не только повысить свою конкурентоспособность, но и внести вклад в устойчивое развитие общества и окружающую среду. В конечном итоге это не только выгодно для бизнеса, но и отвечает запросам современных потребителей, которые все больше ценят осознанный подход к покупкам.

### Список использованной литературы

1. **Ермалович, К. О.** Получение многослойных композиционных материалов для деталей низа обуви из отходов термопластичных материалов / К. О. Ермалович, А. Н. Буркин // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности : сб. материалов Всерос. науч. конф. молодых исследователей с междунар. участием. Ч. 1 / РГУ имени А. Н. Косыгина. – М. : РГУ имени А. Н. Косыгина, 2023. – С. 73.

2. **Бужинская, К. О.** Композиты с использованием отходов обувных термопластичных материалов / К. О. Бужинская, М. В. Шевцова // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Бел.-Рос. ун-т ; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2023. – С. 53.

3. **Шевцова, М. В.** Применение древесных отходов для производства внутренних деталей низа обуви / М. В. Шевцова, Е. А. Шеремет // Материалы докладов 56-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, апр. 2023 г. / ВГТУ. – Витебск : ВГТУ, 2023. – Т. 2. – С. 287–290.

4. **Свойства** волокнисто-наполненных полимерных композитов типа кожволон / К. О. Ермалович, А. Н. Буркин, К. И. Тарутько [и др.] // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2023. – № 44. – С. 90.

5. **Бужинская, К. О.** Влияние увлажнения на изменение свойств обувных картонов на основе целлюлозы / К. О. Бужинская, Т. М. Борисова, А. Н. Буркин // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2024. – № 47. – С. 93.