

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПОЛИУРЕТАНОВ

MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR MANUFACTURING OF PRODUCTS BASED ON POLYURETHANE WASTE

УДК 685.34.082

**А.Н. Радюк^{1*}, Ю.В. Дойлин², М.А. Козлова¹,
И.А. Буланчиков¹, А.Н. Буркин¹**

¹ Витебский государственный технологический университет

² ОАО «Витебскдрев»

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13810>

**A. Radyuk^{1*}, Yu. Doylin², M. Kozlova¹,
I. Bulanchikov¹, A. Burkin¹**

¹ Vitebsk State Technological University

² JSC «Vitebskdrev»

РЕФЕРАТ

ТЕХНОЛОГИЯ, СОСТАВЫ, ОТХОДЫ, ПЕНОПОЛИУРЕТАН, ИНГРЕДИЕНТЫ, МАТЕРИАЛЫ, СВОЙСТВА

Объектом исследования являются различные полимерные материалы на основе отходов пенополиуретанов с добавлением в их состав различных ингредиентов.

Предмет исследования – рецептурно-технологические аспекты получения материалов и деталей из отходов полиуретанов.

В статье приведены технологии переработки отходов пенополиуретанов, представлены различные рецептурные составы для получения материалов различного назначения, разработанные научными сотрудниками УО «ВГТУ», охарактеризованы последние направления работ в данном направлении авторами статьи.

Результаты работы – разработаны составы и материалы на основе отходов пенополиуретанов и различных целевых добавок.

Область применения результатов – обувная промышленность.

Научная новизна работы заключается в разработке новых материалов с использованием отходов ППУ с достаточным уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств для производства подошв обуви.

Практическая ценность работы состоит в получении материалов с определенным комплексом свойств, соответствующим требованиям ТНПА и находящимися в рамках традиционно используемых материалов для низа обуви.

ABSTRACT

TECHNOLOGY, COMPOSITIONS, WASTE, POLYURETHANE FOAM, INGREDIENTS, MATERIALS, PROPERTIES

The article presents technologies for recycling polyurethane foam waste. Various prescription formulations for obtaining materials for various purposes are presented. The latest directions of work in this direction are described.

The scientific novelty of the work is presented by the development of new materials using PPU waste with a sufficient level of physical, mechanical and operational properties for the production of shoe soles.

The practical value of the work consists of obtaining materials with a certain set of properties that meet the requirements of regulatory documents and are within the framework of traditionally used materials for the shoe bottom.

* E-mail: ana.r.13@mail.ru (A. Radyuk)

В настоящее время одной из важнейших задач в области охраны окружающей среды (ОС) является совершенствование системы управления отходами. В связи с этим важнейшей задачей любого государства в области управления системой обращения с отходами является создание механизмов, направленных на экологическую безопасность, экономное использование сырья, материалов, энергии и других ресурсов, а также на создание и внедрение малоотходных и безотходных технологий. Управление системой обращения с отходами осуществляется с использованием различных механизмов, первоочередным из которых является нормативно-правовой. Данный механизм реализован в Национальной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года [1], определяющей своей целью установление основных направлений минимизации вредного воздействия отходов на здоровье человека, ОС и рациональное использование природных ресурсов путем предотвращения образования отходов и максимально возможного извлечения компонентов, содержащихся в отходах, а также вовлечение их в хозяйственный оборот.

Ежегодно в республике образуется свыше 1500 наименований отходов с широким спектром морфологических и химических свойств. По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [2] в 2018 г. на предприятиях Витебской области образовалось 770 *тыс. тонн* отходов, из которых использовано или передано на объекты по использованию отходов 629 *тыс. тонн* или 81,7 процента. В республиканском реестре объектов по использованию отходов зарегистрировано более 100 предприятий области. Использование отходов 1–3 классов опасности и обезвреживание отходов относятся к лицензируемым видам деятельности. В реестре лицензий, выданных Министерством природных ресурсов и охраны ОС Республики Беларусь на данную деятельность, по Витебской области зарегистрировано 20 организаций.

Ключевая роль в обеспечении развития экономики Витебской области принадлежит промышленности, в частности легкой, кожевенно-

обувной, текстильной, трикотажной и швейной. Из года в год на предприятиях концерна «Беллегпром» образуется в среднем 20–23 *тыс. тонн* производственных отходов. Наибольший удельный вес среди них имеют отходы кожевенно-обувной промышленности – около 70 %, а наибольшую проблему среди них представляют отходы пенополиуретанов (ППУ) в связи с выделением отходов вредных соединений для окружающей среды и человека.

В связи с вышесказанным целью данной работы является получение материалов и подошв на основе отходов ППУ, не уступающих по своим свойствам материалам, используемым в производстве обуви.

Научная новизна работы заключается в разработке новых материалов с использованием отходов ППУ с достаточным уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств для производства подошв обуви.

Проблема переработки отходов ППУ решалась многократно различными путями и в настоящее время существует несколько разработанных технологий и методов рециклинга. Все эти методы имеют свои особенности, те или иные недостатки, определяемые различными факторами. Переработка отходов обувных ППУ основана на термомеханических способах переработки [3, 4]. На сегодняшний день разработаны способы переработки отходов, технологии, оборудование для этих целей, композиции для получения различных деталей.

Для переработки отходов обувных полиуретанов (ПУ) научными сотрудниками учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» (УО «ВГТУ») разработан способ переработки отходов ППУ с использованием волокнистого наполнителя и совместный способ переработки отходов жестких и интегральных ПУ [5, 6], сравнительный анализ которых представлен в таблице 1.

Технопарком УО «ВГТУ» разработана технология получения вторичных композиционных материалов и технология изготовления низа обуви из отходов обувного производства [7], сравнительный анализ которых представлен в таблице 2.

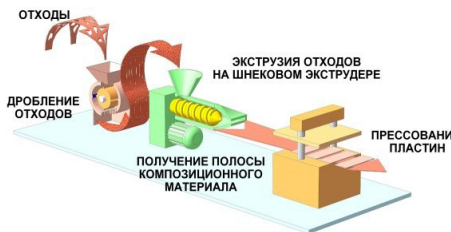
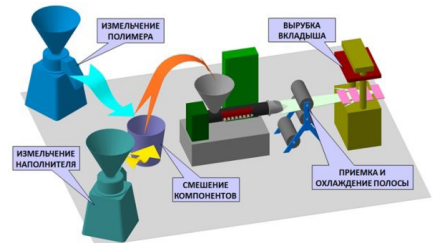
Помимо технологии изготовления низа обуви из отходов обувного производства разработаны

Таблица 1 – Сравнительный анализ способов переработки полиуретанов

Способ переработки отходов ППУ [5]		Способ переработки отходов жестких ПУ [6]
технология	подготовка отходов → измельчение → смешивание с волокнистым наполнителем → предварительное формование → вальцевание → термомеханическая переработка экструдированием на шнековом прессе	подготовка отходов → измельчение → термомеханическая обработка совместно с гомогенизацией и грануляцией → переработка на термопластавтоматах
состав	– отходы ППУ; – волокнистый наполнитель в количестве 10–20 % ¹	– отходы жестких ПУ (наполнитель); – отходы интегральных обувных ПУ в количестве 5–50 % ²
показатели	плотность (ρ) – 1,16 г/см ³ , предел прочности при разрыве (f_p) – 5,5 МПа, твердость (H) – 75 усл. ед., сопротивление истиранию (β) – 2,5 Дж/мм ³ , сопротивление многократному изгибу (N) – 25 тыс. циклов (*)	не приводятся
вывод	Позволяет значительно упростить процесс переработки отходов ППУ, сведя его практически к прямому экструдированию	Улучшает экологическую составляющую производства, позволяет осуществить цикл безотходного производства

Примечание: ¹ – % содержание наполнителя определялось экспериментальным путем исходя из степени формуемости композиции при прокатке; ² – диапазон процентного содержания композиции объясняется тем, что введение незначительного количества интегральных ПУ позволяет снизить температуру переработки, при содержании их менее 5 % получение термопластичных материалов проблематично из-за плохой формуемости композиции, добавление интегральных ПУ в количестве более 50 % уже никаким образом не влияет на температуру переработки; * – для примера приведена композиция с содержанием разволокненных отходов стелечного картона в смеси 10 %.

Таблица 2 – Сравнительный анализ технологий получения материалов из отходов

Технология получения вторичных композиционных материалов		Технология изготовления низа обуви из отходов обувного производства
ИС	отходы ПУ, ПВХ, отходы ИК и СК, нетканых материалов	отходы низа обуви, отходы НК и ИК, картона, тканых и нетканых материалов
схема		
особенности	измельченные отходы подвергаются переработке на шнековом экструдере, в результате чего получают полосу, которую в дальнейшем прессуют для получения различных пластин	предварительно измельченные отходы подвергаются совместной переработке на шнековом экструдере, в результате чего получают полосу определенного сечения, которую в дальнейшем рубят на мерные изделия
ВМ	набоечный листовый полиуретан, профилактика листовая и формованная	вкладыш

Примечание: ИС – исходное сырье; ВМ – выходной материал; ИК – искусственная кожа; СК – синтетическая кожа; НК – натуральная кожа.

и составы для получения вкладышей, сравнительный анализ которых представлен в таблице 3.

Использование вкладыша позволяет:

- улучшить условия литья в каблучной части низа обуви;
- снизить стоимость изготовления низа обуви в связи с экономией материала подошвы до 20 %;
- снизить стоимость литья подошвы до 15 %;
- частично решить проблему утилизации отходов обувного производства и загрязнения окружающей среды.

Для осуществления указанных технологий традиционно применение вальцово-каландрового, смесительного и шнекового оборудования, которое с одинаковым успехом применяется как для подготовки композиций, так и для окончательного получения продукции. При этом для обеспечения непрерывного питания материалом удобнее использовать шнековые экструдеры [10], преимущество которых обуславливает широкое применение в перерабатывающей промышленности. Вместе с этим практически все вышеописанные технологические процессы переработки отходов могут осуществляться посредством переработки полимерной композиции в шнековом экструдере.

Научные сотрудники Витебского государственного технологического университета более 25 лет занимаются разработкой и изготовлением шнековых экструдеров для получения широкого ассортимента изделий из различных материалов. Для обувной промышленности разработаны различные экструдеры для переработки полимерных отходов [11, 12] и отдельно для переработки отходов полиуретанов [13, 14], а также экструдеры для переработки различных кожевенных отходов [15–17]. Также разработана установка для гранулирования отходов тафтинговых покрытий, которые создают большую проблему для ОАО «Витебские ковры» [18].

Помимо разработанных составов для получения вкладыша, также разработаны составы для композиций с получением деталей различного назначения, сравнительный анализ которых представлен в таблице 4 и композиционный материал для изготовления различных деталей обуви.

Основным компонентом разработанного композиционного материала для изготовления деталей обуви [23] являлись отходы искусственной кожи с полимерным покрытием. Технология получения такого материала состояла из следующих этапов: сортировка отходов → измельчение отходов на дробилке роторно-ножевого типа →

Таблица 3 – Сравнительный анализ вкладышей для низа обуви

	Низ обуви [8]	Вкладыш для низа обуви [9]
состав	– связующее – отходы низа обуви (отходы ПУ) – 40–90 %; – наполнитель – отходы кожи, картона, тканых и нетканых материалов, резиновой крошки – 10–60 %	– отходы ИК не менее 60 %; – отходы обувного производства (НК, текстильные материалы, картон) – остальное
показатели	$\rho - 0,65-0,68 \text{ г/см}^3$; $f_p - 4,5-4,6 \text{ МПа}$; относительное удлинение (ϵ_p) – 185–210 %; остаточное удлинение (Θ) – 7–10 %; сопротивление раздиру (P_p) – 5,8–6,0 кН/м ; $N - 27-32 \text{ килоциклов}$	$f_p - 4,6-8,5 \text{ МПа}$; $\epsilon_p - 72-112 \%$
характеристики	Введение в состав материала вкладыша иных видов отходов (отходы кожи, картона, нетканого материала и другие) позволяет получать высокоразветвленную поверхность, повышает пористость и тем самым снижает вес изделия	Ограничение в 40 мас. % отходов ИК связано с тем, что введение большего количества отходов не позволяет получить вкладыш, сохраняющий свою форму, а также со снижением прочностных характеристик

Таблица 4 – Сравнительный анализ композиций для деталей обуви

		Композиции для деталей обуви			
		внутренних [19]	низа [20]	подошв [21]	промежуточных [22]
состав		– резиновая смесь на основе каучука; – наполнитель – отходы стелечного картона в количестве 5–60 мас. %	– отходы ППУ; – наполнитель – отходы стелечного картона 3–30 мас. %	– термоэластопласт 75–90; – отходы ПУ 5–20 пластификатор 3–5 пигмент 1–4 мас. %	– полимерное связующее – отходы аппретирующего состава коврового производства 15–35 мас. %; – волокнистый наполнитель – измельченные отходы натурального меха 65–85
	показатели	$\rho - 0,49-0,88 \text{ г/см}^3$; $f_p - 0,8-4,8 \text{ МПа}$; $\epsilon_p - 60-330 \%$; $\Theta - 8-80 \%$; $H - 53-75 \text{ усл. ед}$	$\rho - 1,14-1,17 \text{ г/см}^3$; $f_p - 4,0-8,5 \text{ МПа}$; $\epsilon_p - 150-380 \%$; $\Theta - 15-28 \%$; $H - 72-90 \text{ усл. ед.}$; $\beta - 2,1-4,3 \text{ Дж/мм}^3$; $N - 8-15 \text{ тыс. цикл}$	$\rho - 0,65-0,9 \text{ г/см}^3$; $f_p - 1,8-3,4 \text{ МПа}$; $\epsilon_p - 220-340 \%$; $\Theta - 20-30 \%$; $H - 45-70 \text{ усл. ед}$	толщина (S) – $4 \pm 1 \text{ мм}$; $H - 8-35 \text{ усл. ед.}$; коэффициент теплопроводности – $0,01-0,06 \text{ ккал/м час } ^\circ\text{C}$
технология		Технология получения не имеет принципиального значения		Дробление твердых компонентов → смешивание → литье на шнековой литьевой машине	Измельчение отходов меха до частиц размером не более $3 \times 3 \times 3 \text{ мм}$ → смешивание с полимерным связующим → прессование → сушка
		Введение предварительно разволокненных отходов картона осуществляется в процессе изготовления резиновой смеси	Технология должна обеспечить качественную гомогенизацию смесей, обычно происходящую на шнековом экструдере		

пластикация в корпусе шнекового экструдера → прокатка в пластины толщиной 4 мм. Свойства полученных материалов в зависимости от основы (ИК с ПВХ покрытием на трикотажной или на тканой основах) варьируются: $\rho - 1,16-1,24 \text{ г/см}^3$; $f_p - 8,53-10,64 \text{ МПа}$; $\epsilon_p - 55-112 \%$; $\Theta - 9,7-15,2 \%$; $H - 80-88 \text{ усл. ед.}$; $\beta - 2,1-4,3 \text{ Дж/мм}^3$; клеящая способность – $29-44 \text{ Н/см}$. Полученные материалы могут быть использованы в качестве внутренних деталей обуви (вкладные стельки, задники, подноски, вкладыши) и материалов для низа обуви (подошвы, каблуки, набойки) и по большинству показателей практически не уступают материалам, применяемым для изготовления аналогичных деталей обуви.

Научными сотрудниками УО «ВГТУ» также разработаны различные материалы и детали на основе отходов ППУ. Среди них набоечные ма-

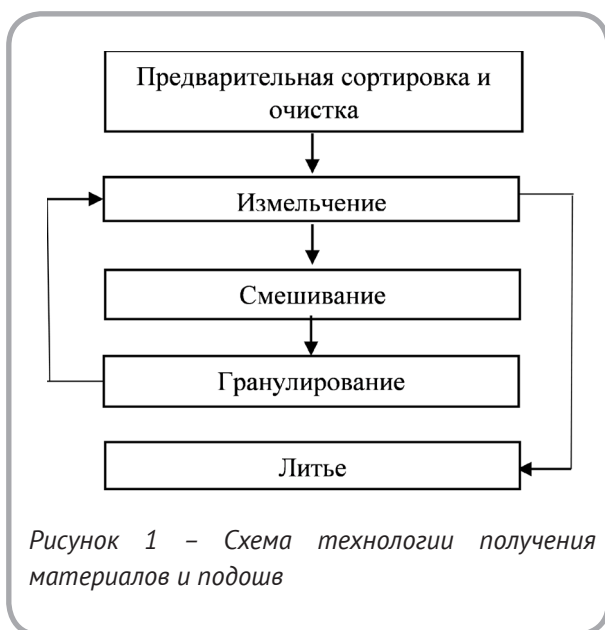
териалы (пластины) и изделия типа «профилактика», набойки, формованные детали низа обуви, подошвы и подошвенные материалы из пластин, стелечные материалы. Основным компонентом разработанных материалов являлись отходы производства микроячеистых пено- и полиуретановых подошв [3]. Полученные материалы по большинству показателей соответствуют нормируемым значениям для аналогичных материалов.

В настоящее время авторами статьи ведутся работы по получению материалов определенной структуры и заданными характеристиками.

Для получения материалов определенной структуры предполагается основываться на технологиях, разработанных ранее научными сотрудниками УО «ВГТУ», данных о первичной (исходной) структуре ППУ, а также на рецеп-

туростроении композиционных материалов, в частности резин.

Так на основе анализа вариантов технологий производства материалов и изделий для деталей низа обуви с использованием отходов полиуретанов, основанных на многочисленных исследованиях сотрудников УО «ВГТУ» по данной проблеме, была разработана технология получения материалов и подошв на основе отходов ППУ, представленная на рисунке 1. На основе анализа рецептур (состава, ингредиентов) композиционных материалов были обоснованы рецептурные составы композиций на основе отходов ППУ. Известно, что обувные материалы для низа обуви представляют собой многокомпонентную систему, состоящую из полимерной основы и различ-



ных ингредиентов [24], выбор которых позволяет достичь определенные свойства и влияет на разработку рецептуры композиции. Основные ингредиенты композиции представлены на рисунке 2, их назначение в композиции – в таблице 5.

В настоящее время все синтетические полимеры, из которых изготавливают подошвы обуви, подразделяют на две основные группы: резина и пластмассы. Основным компонентом полученных материалов и подошв является вторичный ППУ, который относится к группе пластмасс. Большинство пластмасс и полиуретан в том числе не имеет никакой градации по структуре. Определить, к какой группе относится тот или иной полимер, можно лишь по значениям его свойств. В то же время подошвенные резины в классическом обувном материаловедении по структуре делят на пористые, непористые (моно-

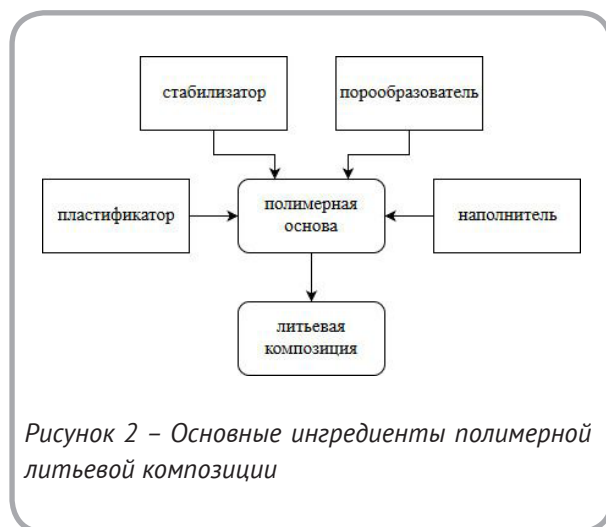


Таблица 5 – Назначение ингредиентов композиции

Ингредиент	Назначение
Стабилизатор	применяется для ингибирования процессов термоокислительной деструкции, позволяет использовать смесь расплава длительное время при высокой температуре
Пластификатор	обеспечивает получение изделий с высокой эластичностью, а также высокую текучесть пластиката при переработке
Порообразователь	используется в литьевых композициях для получения пористого низа обуви
Наполнитель	способствует уменьшению расхода основного полимера, позволяет получить материалы с заданным комплексом свойств

литные) и кожеподобные виды. Так как в обувном материаловедении, на обувных предприятиях и в центрах испытаний при исследовании или характеристике свойств полимерных материалов за основу берутся методики испытаний на резину для низа обуви, то и структуры материалов стремились получить наподобие резин. В связи с этим и анализ полученных материалов проводится в сравнении с нормируемыми значениями резин определенной структуры.

В работе [25] приводятся рецептурно-технологические аспекты получения материалов на основе отходов полиуретана, с добавлением в их состав ингредиентов для повышения технологичности переработки материала и модификации свойств полимерных композиций. Результатом работы является получение материалов – пластин, значения свойств которых соответствуют требованиям нормативно-технической документации и близки к используемым в настоящее время материалам в обувной промышленности. На основе полученных данных в дальнейшем была проведена производственная апробация изготовления подошв обуви. Свойства полученных образцов подошв представлены в таблице 6.

Из данных таблицы 6 видно, что физико-механические и эксплуатационные свойства подошв с использованием отходов ППУ имеют

достаточно близкие значения к материалам, применяемым в обувном производстве, а именно к монолитной резине. Поэтому полученные материалы могут быть использованы для изготовления материалов и деталей для низа обуви, а именно для производства подошв, каблучков и набоек для мужской и женской повседневной обуви весенне-осеннего периода носки.

В работе [26] приводятся данные исследования 4 видов пористых полимерных материалов на основе отходов обувных ППУ, отличающихся составом композиции, анализ которых показал, что для дальнейшего использования в обувном производстве при изготовлении подошв мужской и женской повседневной обуви весенне-осеннего периода носки рекомендуется использовать композицию, в составе которой порообразователь в виде концентратов вспенивающих добавок. Свойства полученных образцов подошв представлены в таблице 7.

Анализ таблицы позволяет сделать вывод о том, что полученные полимерные материалы пониженной плотности весьма близки по своим свойствам к пористым резинам. Полученные материалы имеют более высокие прочностные и эксплуатационные свойства. По данному варианту подана заявка № а 20180001 от 03.01.2018 г. на получение патента на изобретение «Гранулированная композиция для литья облег-

Таблица 6 – Свойства подошв из отходов ППУ

Материалы	Показатель						
	$\rho, \text{г/см}^3$	$H, \text{усл. ед.}$	$f_p, \text{МПа}$	$\epsilon_p, \%$	$\Theta, \%$	$\beta, \text{Дж/мм}^3$	$N, \text{тыс. циклов}$
Образцы подошв	1,1–1,2	75,0–80,0	5,6–6,0	270–280	18–20	6,8–7,5	50
Непористые резины*	не >1,3	75,0–85,0	не <4,5	не <160	не >20	не <2,5	не <30

Примечание: * – значения непористых резин даны для сравнительной характеристики.

Таблица 7 – Свойства подошв из отходов ППУ с порообразователем

Материалы	Показатель						
	$\rho, \text{г/см}^3$	$H, \text{усл. ед.}$	$f_p, \text{МПа}$	$\epsilon_p, \%$	$\Theta, \%$	$\beta, \text{Дж/мм}^3$	$N, \text{тыс. циклов}$
Образцы подошв	0,85–0,9	65,0–67,0	2,5–2,9	140–145	15–17	3,2–3,5	50
Пористые резины*	0,8–1,0	50,0–75,0	не <2,5	не <170	не >24	не <2,5	не <30

Примечание: * – значения пористых резин даны для сравнительной характеристики.

ченных обувных подошв» [27].

В работе [28] приводятся данные исследования 3 видов волокнисто-наполненных полимерных материалов на основе отходов обувных ППУ, отличающихся составом композиции. В качестве наполнителя использовались отходы, получаемые в результате стрижки ковров – кноп стригальный полипропиленовый, с длиной волокон 2–4 мм. Анализ результатов исследования показал, что для получения подошвенного материала с наилучшими показателями содержание кнопки должно составлять 1 мас. ч. по отношению к отходам ППУ. Физико-механические свойства подошв представлены в таблице 8.

По данным таблицы видно, что физико-механические и эксплуатационные характеристики подошв из отходов соответствуют нормам, установленным для других материалов из чистого сырья, традиционно применяемому материалу в обувном производстве – кожволону. Данные композиции могут быть использованы в производстве подошв женской обуви. На состав данных композиций подготовлены заявочные документы на получение патента на изобретение «Композиция для низа обуви с волокнистым наполнителем».

В настоящее время ведется работа по получению композиционных материалов, наполненных древесным наполнителем, в качестве которых выступает древесная мука. Предварительные исследования показали, что по свойствам данные материалы соответствуют материалам типа кожволон – «Ко», а древесная мука в полимерной композиции выступает не только как наполнитель, но еще и как порообразователь.

Также проводилась работа по получению вкладыша из отходов стелечных картонов и термопластических материалов для подносков

и задников на текстильной основе с одно- или двухсторонним нанесением полимерной композиции и вкладыша на основе отходов ППУ, наполненных отходами меховой промышленности – овчины меховой. В первом случае для получения материалов с определенными свойствами и качественным внешним видом использовали различные целевые добавки: масло вазелиновое и стеарат кальция (для повышения технологичности переработки), вторичный полиэтилен и порофор (для снижения плотности материала). Технология получения вкладышей аналогична технологии получения вторичных композиционных материалов из отходов, представленной в таблице 2. В результате производственной апробации на экструдере шнековом ЭШ-80Н4 был получен материал для вкладыша, удовлетворяющий основным требованиям к этой детали – плотность материала 0,67–0,75 г/см³. Во втором случае для получения материалов также использовали такие целевые добавки, как масло индустриальное и стеарат кальция. В результате производственной апробации на экструдере шнековом ЭШ-75 был получен материал для вкладыша, имеющий меньшую плотность (0,9 г/см³), чем образцы вкладыша, изготавливаемые в настоящее время на обувных предприятиях г. Витебска (1,0–1,05 г/см³). Однако они имеют очень низкую твердость (50 усл. ед.), не соизмеримую с твердостью образца, принятого за эталон (70 усл. ед.). Для получения образцов наилучшего качества необходимо уточнить процентный состав композиции, режимы изготовления, а также более тщательно проводить этап смешивания компонентов композиции.

Таким образом, на основе анализа, представленного в начале статьи, разработана технология получения материалов и подошв, которая

Таблица 8 – Свойства подошв с волокнистым наполнителем

Материалы	Показатель						
	$\rho, \text{г/см}^3$	$H, \text{ усл. ед.}$	$f_p, \text{ МПа}$	$\epsilon_p, \%$	$\Theta, \%$	$\beta, \text{ Дж/мм}^3$	$N, \text{ тыс. циклов}$
Образцы подошв	1,0–1,03	81,0–83,0	5,2–5,7	200–250	18–19	6,3–6,8	30
Резина типа кожволон*	не >1,1	80,0–95,0	не <5,0	не <180	не >20	не <2,5	не <20

Примечание: * – значения даны для сравнительной характеристики.

включает в себя следующие этапы: сортировка, измельчение, смешивание, гранулирование и литье; разработаны базовые рецептурные составы композиций с порообразователем и волокнистым наполнителем, проведена производствен-

ная апробация изготовления экспериментальных образцов подошв обуви с использованием отходов, поданы заявки на получение патентов на изобретение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года, режим доступа: <http://www.government.by/upload/docs/filea1a9a20a06fc7fe5.PDF> (дата доступа 20 февраля 2020).
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь, режим доступа: <http://www.belstat.gov.by> (дата доступа 20 февраля 2020).
3. Буркин, А. Н. [и др.] (2001), *Обувные материалы из отходов пенополиуретанов*, Витебск, 173 с.
4. Буркин, А. Н. [и др.] (2000), *Переработка твердых отходов обувных предприятий г. Витебска*, Витебск, 118 с.
5. Буркин, А. Н., Матвеев, К. С. (1999), *Способ переработки отходов пенополиуретана*, Витебский государственный технологический университет, № а 19991172, заявл. 28.12.1999, опубл. 30.06.2004, Бюл. № 2.
6. Новиков, А. К., Матвеев, А. К., Егорова, Е. А., Солтовец, Г. Н., Матвеев, К. С., Пятков, В. В. (2010), *Способ переработки отходов жестких полиуретанов*, Витебский государственный технологический университет, № а 20101025, заявл. 07.07.2010, опубл. 30.06.2012, Бюл. № 3 (86).
7. Технологии Технопарка УО «ВГТУ», режим доступа: <https://technopark-vitebsk.by/working/suggestions/tekhnologii> (дата доступа 20 февраля 2020).

REFERENCES

1. National strategy for the management of solid municipal waste and secondary material resources in the Republic of Belarus for the period up to 2035 [Nacional'naja strategija po obrashheniju s tverdymi kommunal'nymi othodami i vtorichnymi material'nymi resursami v Respublike Belarus' na period do 2035 goda], (2020), available at: <http://www.government.by/upload/docs/filea1a9a20a06fc7fe5.PDF> (accessed 20 February 2020).
2. Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus' [National statistical Committee of the Republic of Belarus], (2020), available at: <http://www.belstat.gov.by> (accessed 20 February 2020).
3. Burkin, A. N. [i dr.] (2001), *Obuvnye materialy iz othodov penopoliuretanov* [Shoe materials from waste polyurethane foams], Vitebsk, 173 p.
4. Burkin, A. N. [i dr.] (2000), *Pererabotka tverdyh othodov obuvnyh predpriyatij g. Vitebska* [Processing of solid waste of footwear enterprises of Vitebsk], Vitebsk, 118 p.
5. Burkin, A. N., Matveev, K. S. (1999), *Sposob pererabotki othodov penopoliuretana* [Method for processing polyurethane foam waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 19991172, zajavl. 28.12.1999, opubl. 30.06.2004, Bjul. № 2.
6. Novikov, A. K., Matveev, A. K., Egorova, E. A., Soltovets, G. N., Matveev, K. S., Pjatov, V. V. (2010), *Sposob pererabotki othodov zhestkih poliuretanov* [Method for recycling hard polyurethane waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a

8. Мартынов, Н. В., Ковальков, Н. С., Залесский, В. В., Амирханов, Д. Р., Матвеев, К. С., Савицкий, В. В., Коваленко, А. Л., Стайнов, О. В., Пятов, В. В., Ахтанин, О. Н. (1997), *Низ обуви*, Витебский государственный технологический университет, Общество с ограниченной ответственностью «Предприятие МАРКО», № 970168, заявл. 24.03.1997, опубл. 30.06.2000.
9. Буркин, А. Н., Трофименко, О. И., Матвеев, К. С. (2000), *Вкладыш для низа обуви*, Витебский государственный технологический университет, ОАО «Лидская обувная фабрика», № а 20000975, заявл. 27.10.2000, опубл. 30.06.2005, Бюл. № 2 (45).
10. Швецов, Г. А. (1988), *Технология переработки пластических масс*, Москва, Химия, 512 с.
11. Голубев, А. Н., Пятов, В. В., Матвеев, К. С., Бровко, С. В., Куксенюк, Т. С., Новиков, А. К. (2009), *Шнековый экструдер для переработки полимерсодержащих*, Витебский государственный технологический университет, № и 20090603, заявл. 13.07.2009, опубл. 28.02.2010, Бюл. № 1 (72).
12. Новиков, А. К., Матвеев, К. С., Бровко, С. В., Пятов, В. В., Голубев, А. Н., Матвеев, А. К. (2009), *Экспериментальный экструдер для переработки полимерных отходов*, Витебский государственный технологический университет, № и 20090792, заявл. 28.09.2009, опубл. 30.04.2010, Бюл. № 2 (73).
13. Буркин, А. Н., Савицкий, В. В., Матвеев, К. С., Стайнов, О. В., Новиков, А. К. (1999), *Экструдер для переработки отходов пенополиуретана*, Витебский государственный технологический университет, № 19990140, заявл. 28.12.1999, опубл. 30.09.2000.
14. Матвеев, К. С., Новиков, А. К., Пятов, В. В., Бровко, С. В., Матвеев, А. К., Голубев, А. Н. (2008), *Экструдер для термомеханического рециклинга отходов интегральных полиуретанов*, Витебский государственный технологический университет, заявл. 07.07.2010, опубл. 30.06.2012, Бюл. № 3 (86).
7. Tehnologii Tehnoparka UO «VGTU» [Technologies of the VSTU Technopark], (2020), available at: <https://technopark-vitebsk.by/working/suggestions/tehnologii> (accessed 20 February 2020).
8. Martynov, N. V., Koval'kov, N. S., Zaleskij, V. V., Amirhanov, D. R., Matveev, K. S., Savickij, V. V., Kovalenko, A. L., Stajnov, O. V., Pjatov, V. V., Ahtanin, O. N. (1997), *Niz obuvi* [Bottom of shoes], Vitebsk State Technological University, limited liability Company «Marko Enterprise», State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № 970168, заявл. 24.03.1997, опубл. 30.06.2000.
9. Burkin, A. N., Trofimenko, O. I., Matveev, K. S. (2000), *Vkladysh dlja niza obuvi* [Liner for bottom of shoes], Vitebsk State Technological University, JSC «Lida Shoe factory», State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № а 20000975, заявл. 27.10.2000, опубл. 30.06.2005, Бюл. № 2 (45).
10. Shvecov, G. A. (1988), *Tehnologija pererabotki plasticheskikh mass* [Technology of plastic mass processing], Moscow, Chemistry, 512 p.
11. Novikov, A. K., Matveev, K. S., Brovko, S. V., Pjatov, V. V., Golubev, A. N., Matveev, A. K. (2009), *Jeksperimental'nyj jekstruder dlja pererabotki polimernyh othodov* [Screw extruder for processing polymer-containing waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № u 20090792, заявл. 28.09.2009, опубл. 30.04.2010, Бюл. № 1 (72).
12. Novikov, A. K., Matveev, K. S., Brovko, S. V., Pjatov, V. V., Golubev, A. N., Matveev, A. K. (2009), *Jeksperimental'nyj jekstruder dlja pererabotki polimernyh othodov* [Experimental extruder for processing polymer waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № u 20090792, заявл. 28.09.2009, опубл. 30.04.2010, Бюл. № 2

- университет, № у 20080790, заявл. 23.10.2008, опубл. 30.06.2009, Бюл. № 3 (68).
15. Матвеев, К. С., Новиков, А. К., Голубев, А. Н., Гусаков, А. В., Хмельницкий, В. А. (2003), *Экструдер для переработки кожевенных отходов*, Витебский государственный технологический университет, № у 20030311, заявл. 15.07.2003, опубл. 30.03.2004, Бюл. № 1 (40).
16. Матвеев, К. С., Новиков, А. К., Голубев, А. Н., Станкевич, П. В., Фомин, П. М. (2004), *Экструдер для рециклинга отходов кожевенных материалов*, Витебский государственный технологический университет, № у 20040001, заявл. 08.01.2004, опубл. 30.09.2004, Бюл. № 3 (42).
17. Матвеев, К. С., Новиков, А. К., Голубев, А. Н., Егорова, Е. А., Розов, Д. В., Ревин, Д. С. (2004), *Экструдер для переработки отходов искусственных кож*, Витебский государственный технологический университет, № у 20040516, заявл. 15.11.2004, опубл. 30.06.2005, Бюл. № 2 (45).
18. Буркин, А. Н. [и др.] (2000), *Установка для гранулирования отходов тафтинговых покрытий*, Витебский государственный технологический университет, № а 20000024, заявл. 05.01.2000, опубл. 30.12.2003, Бюл. № 4 (39).
19. Буркин, А. Н., Трофименко, О. И., Матвеев, К. С., Васильев, М. А. (1999), *Композиция для внутренних деталей обуви*, Витебский государственный технологический университет, № а 19990293, заявл. 30.03.1999, опубл. 30.12.2003, Бюл. № 4 (39).
20. Буркин, А. Н., Энтин, Г. С., Матвеев, К. С. (1998), *Композиция для деталей низа обуви*, Витебский государственный технологический университет, № а 19980897, заявл. 29.09.1998, опубл. 30.06.2003, Бюл. № 2 (37).
21. Амирханов, Д. Р., Пятов, В. В., Савицкий, В. В., Ахтанин, О. Н., Матвеев, К. С., Энтин, Г. С., Ринейский, Н. А. (1997), *Композиция для обувных* (73).
13. Burkin, A. N., Savickij, V. V., Matveev, K. S., Stajnov, O. V., Novikov, A. K. (1999), *Jekstruder dlja pererabotki othodov penopoliuretana* [Extruder for processing waste polyurethane foam], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № 19990140, zajavl. 28.12.1999, opubl. 30.09.2000.
14. Matveev, K. S., Novikov, A. K., Pjatov, V. V., Brovko, S. V., Matveev, A. K., Golubev, A. N. (2008), *Jekstruder dlja termomehanicheskogo reciklinga othodov integral'nyh poliuretanov* [Extruder for thermo-mechanical recycling of waste polyurethane integral], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № у 20080790, zajavl. 23.10.2008, opubl. 30.06.2009, Bjul. № 3 (68).
15. Matveev, K. S., Novikov, A. K., Golubev, A. N., Gusakov, A. V., Hmel'nickij, V. A. (2003), *Jekstruder dlja pererabotki kozhevennyh othodov* [Extruder for processing leather waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № у 20030311, zajavl. 15.07.2003, opubl. 30.03.2004, Bjul. № 1 (40).
16. Matveev, K. S., Novikov, A. K., Golubev, A. N., Stankevich, P. V., Fomin, P. M. (2004), *Jekstruder dlja reciklinga othodov kozhevennyh materialov* [Extruder for recycling leather waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № у 20040001, zajavl. 08.01.2004, opubl. 30.09.2004, Bjul. № 3 (42).
17. Matveev, K. S., Novikov, A. K., Golubev, A. N., Egorova, E. A., Rozov, D. V., Revin, D. S. (2004), *Jekstruder dlja pererabotki othodov iskusstvennyh kozh* [Extruder for processing artificial leather waste], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № у 20040516, zajavl. 15.11.2004, opubl. 30.06.2005, Bjul. № 2 (45).

- подошв*, Витебский государственный технологический университет, № 970516, заявл. 03.10.1997, опубл. 30.03.2002, Бюл. № 1 (32).
22. Буркин, А. Н. [и др.] (2000), *Композиция для промежуточных деталей низа обуви*, Витебский государственный технологический университет, № и 20000331, заявл. 07.04.2000, опубл. 30.09.2004, Бюл. № 3 (42).
23. Буркин, А. Н., Трофименко, О. И., Матвеев, К. С. (2000), *Композиционный материал для изготовления деталей обуви*, Витебский государственный технологический университет, ОАО «Лидская обувная фабрика», № а 20001016, заявл. 14.11.2000, опубл. 30.06.2005, Бюл. № 2 (45).
24. Корнев, А. Е., Буканов, А. М., Шевердяев, О. Н., (2009), *Технология эластомерных материалов*, Москва, Истек, 502 с.
25. Радюк, А. Н., Цобанова, Н. В. (2019), Материалы для деталей низа обуви с использованием в качестве основного компонента отходов полиуретана, *Материалы и технологии*, 2019, № 1 (3), С. 41–48.
26. Радюк, А. Н., Борозна, В. Д., Буркин, А. Н., Шаповалов, В. М., Зотов, С. В., Овчинников, К. В. (2019), Пористые полимерные материалы на основе отходов обувных пенополиуретанов, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2019, № 2(37), С. 62–75.
27. Буркин, А. Н., Шаповалов, В. М., Зотов, С. В., Овчинников, К. В., Гольдаде, В. А., Радюк, А. Н., Соколова, Н. М., Борозна, В. Д., Ковальков, Н. С. (2018), *Гранулированная композиция для литья облегченных обувных подошв*, Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси, Витебский государственный технологический университет, № а 20180001, заявл. 03.01.2018, опубл. 30.08.2019, Бюл. № 4 (129).
18. Burkin, A. N. [i dr.] (2000), *Ustanovka dlja granulirovaniya othodov taftingovyh pokrytij* [Installation for granulating waste tufted coatings], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 20000024, zajavl. 05.01.2000, opubl. 30.12.2003, Bjul. № 4 (39).
19. Burkin, A. N., Trofimenko, O. I., Matveev, K. S., Vasil'ev, M. A. (1999), *Kompozicija dlja vnutrennih detalej obuvi* [Composition for internal parts of shoes], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 19990293, zajavl. 30.03.1999, opubl. 30.12.2003, Bjul. № 4 (39).
20. Burkin, A. N., Jentin, G. S., Matveev, K. S. (1998), *Kompozicija dlja detalej niza obuvi* [Composition for details of the bottom of shoes], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 19980897, zajavl. 29.09.1998, opubl. 30.06.2003, Bjul. № 2 (37).
21. Amirhanov, D. R., Pjatov, V. V., Savickij, V. V., Ahtanin, O. N., Matveev, K. S., Jentin, G. S., Rinejskij, N. A. (1997), *Kompozicija dlja obuvnyh podoshv* [Composition for shoe soles], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № 970516, zajavl. 03.10.97, opubl. 30.03.02, Bjul. № 1 (32).
22. Burkin, A. N. [i dr.] (2000), *Kompozicija dlja promezhutochnyh detalej niza obuvi* [Composition for intermediate parts of the bottom of shoes], Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № u 20000331, zajavl. 07.04.2000, opubl. 30.09.2004, Bjul. № 3 (42).
23. Burkin, A. N., Trofimenko, O. I., Matveev, K. S. (2000), *Kompozicionnyj material dlja izgotovlenija detalej obuvi* [Composite material for the manufacture of parts of footwear], Vitebsk State Technological University, JSC «Lida Shoe factory», State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 20001016, zajavl. 14.11.2000,

28. Радюк, А. Н. (2018), Получение и свойства композиционных полимерных материалов с волокнистым наполнителем, *Материалы V Республик. научно-технич. конференции молодых ученых*, Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2018, с. 27–28.
24. Kornev, A. E., Bukanov, A. M., Sheverdjaev, O. N., (2009), *Tehnologija jelastomernih materialov* [Technology of elastomeric materials], Moscow, IsteK, 502 p.
25. Radjuk, A. N., Cobanova, N. V. (2019), Materials for Parts of the Shoe Bottom with Polyurethane as the Main Component [Materialy dlja detalej niza obuvi s ispol'zovaniem v kachestve osnovnogo komponenta othodov poliuretana], *Materialy i tehnologii*, 2019, № 1 (3), pp. 41–48.
26. Radjuk, A. N., Borozna, V. D., Burkin, A. N., Shapovalov, V. M., Zotov, S. V., Ovchinnikov, K. V. (2019), Porous polymeric materials based on waste shoe polyurethane foams [Poristye polimernye materialy na osnove othodov obuvnyh penopoliuretanov], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2019, № 2(37), pp. 62–75.
27. Burkin, A. N., Shapovalov, V. M., Zotov, S. V., Ovchinnikov, K. V., Gol'dade, V. A., Radjuk, A. N., Sokolova, N. M., Borozna, V. D., Koval'kov, N. S. (2018), *Granulirovannaja kompozicija dlja lit'ja oblegchennyh obuvnyh podoshv* [Granular composition for casting lightweight shoe soles], V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Vitebsk State Technological University, State Register of Patents of Belarus, Minsk, BY, Req. № a 20180001, zajavl. 03.01.2018, opubl. 30.08.2019, Bjul. № 4 (129).
28. Radjuk, A. N. (2018), Obtaining and properties of composite polymeric materials with fibrous filler [Poluchenie i svojstva kompozicionnyh polimernyh materialov s voloknistym napolnitelem], *Materialy V Republik. nauchno-tehnich. konferencii molodyh uchenyh*, Gmel': IMMS NAN Belarusi, 2018, pp. 27–28.

Статья поступила в редакцию 30. 04. 2020 г.