

УДК 685.34.082

## ОТХОДЫ ОБУВНЫХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ И ИХ ПЕРЕРАБОТКА В ИЗДЕЛИЯ

*Радюк А.Н., Буркин А.Н.*

*Витебский государственный технологический университет  
(УО «ВГТУ»), Республика Беларусь*

*ana.r.13@mail.ru*

*В настоящее время существует несколько разработанных технологий и методов рециклинга отходов пенополиуретанов (ППУ). Основными методами переработки, которые относятся к утилизации отходов обувных ППУ, являются их регенерация способом деструкции, с помощью диспергирования и термомеханическим методом. Оптимальным методом переработки является термомеханический метод. В статье приводятся адаптированные этапы технологического процесса переработки отходов для получения изделий из отходов ППУ, исследование свойств материалов и рассчитана эффективность переработки в разрезе основных ее составляющих.*

**Ключевые слова:** *переработка, отходы, пенополиуретан, свойства, структура, эффективность*

Технологии переработки отходов обувных ППУ разрабатываются уже более десяти лет, основные из них в наибольшей степени связаны с их регенерацией способом деструкции, с помощью диспергирования и термомеханическим методом [1], последний является наиболее оптимальным с позиций экономики, ресурсо- и энергосбережения.

Наиболее известными разработками в области технологий переработки ППУ сотрудниками Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» (УО «ВГТУ») является получение вкладыша в каблучную часть подошвы [2], материалов для внутренних деталей обуви (задники, подноски, стельки и другое) [3], материалов для промежуточных деталей обуви (пластины для простилок, платформ, подложек для обуви) [4], материалов для деталей низа обуви (подошвенные пластины для обуви, подложка в обувь, пластины для ремонта обуви, для изготовления набоек и другое) [5].

Тем не менее, несмотря на проводимые работы в данном направлении вопрос вторичной переработки и утилизации отходов обувных ППУ является наиболее актуальным из-за постоянно растущего объема отходов.

При этом отходы ППУ до сих пор не допускается вывозить на полигон для захоронения. Основные отходы обувных ППУ – это отходы от производства подошв и материалов для низа обуви, количество которых в виде литниковых отходов, брака, облоя, выпрессовки, несортной продукции, межлекальных и межшаблонных мостиков листовых материалов, сливов, брака и пыли, образующейся после фрезерования уреза подошв или двоения материалов и др., составляющие до 5-10 % в зависимости от условий производства.

Анализ способов переработки и применяемого оборудования позволил адаптировать этапы технологического процесса переработки отходов для получения изделий из отходов ППУ:

- подготовка (сортировка) отходов – отходы сортируются по группам и по внешнему виду, в отходах не должно быть посторонних материалов и включений, отходы должны быть сухими;

- измельчение отходов (дробление) – осуществляется на измельчителе универсальном роторном ИУР 200В с частотой вращения ножевого ротора 900 об/мин. Отсортированные отходы ППУ подаются в загрузочный бункер измельчителя. Поступая в зону резания и попадая в зазор между подвижными и неподвижными ножами, они измельчаются до размеров 5-7 мм;

- приготовление композита – заключается в механическом смешении компонентов и их совмещении друг с другом в лопастной мешалке. В качестве основного компонента материалов использовали вторичное полимерное сырьё в виде отходов ППУ производства обувных предприятий г. Витебска;

- гранулирование – высушенный дробленый материал подвергли переработке при температурах от 140°C до 180°C на шнековом экструдере ЭШ-80Н4. Подобные экструдеры предназначены для получения широкого ассортимента изделий из различных материалов и разрабатываются и изготавливаются научными сотрудниками УО «ВГТУ» [6, 7]. Перерабатываемый материал загружается в загрузочный бункер и попадает в материальный цилиндр, внутри которого вращается шнек, который приводится в движение силовым приводом. В результате материал перемещается внутри материального цилиндра, уплотняется и подвергается нагреву. Под действием тепла, передаваемого от нагревателей, располагающихся на материальном цилиндре, материал расплавляется, после чего продолжает перемещаться вдоль оси материального цилиндра в осевом направлении. При продавливании через фильеру материал экструдирован. Далее полуфабрикат дробили до размеров гранул 2-4 мм.

- литье – производили на машине Main Group SP345/3 при следующих режимах: температура по зонам: 1 –140–155 °С, 2 –145–160 °С; время подачи материала – 15–20 с.; выдержка – 240 с.

Для оценки качества полученных материалов определяли физико-механические и эксплуатационные показатели в соответствии с ГОСТ на методы испытания. Были определены твердость (ГОСТ 263-75 «Резина. Метод определения твердости по Шору А»), плотность (ГОСТ 267-73 «Резина. Методы определения плотности»), условная прочность и относительное удлинение (ГОСТ 270-75 «Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении»), сопротивление истиранию (ГОСТ 426-77 «Резина. Метод определения сопротивления истиранию при скольжении»), сопротивление многократному изгибу (ГОСТ ISO 17707-2015 «Обувь. Методы испытаний подошв. Сопротивление многократному изгибу»).

Плотность полученных материалов составила  $1,4 \text{ г/см}^3$ , твердость по Шору А – 78 усл. ед., условная прочность 6 МПа, относительное удлинение 210 %, сопротивление истиранию 5 Дж/мм<sup>3</sup>, сопротивление многократному изгибу – более 30 килоциклов.

Исследование структуры полученных материалов проводили методом микроскопии в отраженном свете с помощью стереомикроскопа «BestScope BS 3040» с камерой-планшетом BCL-350, снабженная программным обеспечением, для получения и обработки изображения. Результаты представлены на рисунке 1.

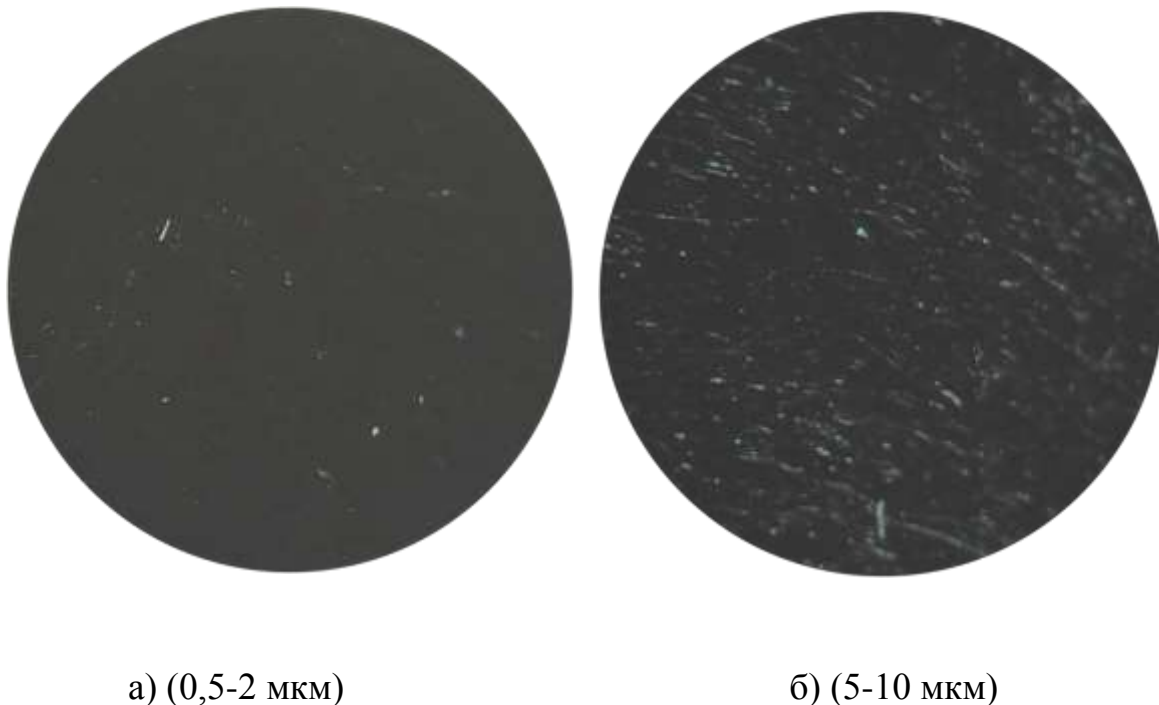


Рисунок 1 – Пористость исходных гранул (а) и материалов из них (б)

Переработка отходов и их использование в производстве деталей низа обуви позволяет решить многие экологические, логистические, ресурс-

ные проблемы, способствует расширению ассортимента материалов, поэтому и эффективность рассматривается с различных аспектов [8].

Экономическая эффективность переработки отходов в конкретный вид продукции представляет собой суммарную экономию всех затрат. Для определения ожидаемого экономического эффекта производства материалов с применением отходов ППУ использовались данные СООО «Белвест» и ЧПУП «Обувное ремесло» (г. Витебск). Для этого рассчитывались основные статьи затрат, такие как затраты на материалы, электроэнергию, заработная плата, начисления, топливные ресурсы, амортизацию, прочие расходы. На основании полученных результатов по данным статьям расхода рассчитывались полная себестоимость вторичного материала, которая составила 3,94 бел. руб., прибыль – 0,99 бел. руб., цена без НДС – 4,93 бел. руб., НДС – 0,89 бел. руб. Стоимость вторичного материала составила 5,82 бел. руб. Стоимость исходного материала (пластины из исходного ППУ) составляет 7,85 бел. руб. Таким образом, фактический экономический эффект от замены производства материала из исходного ППУ на материал из отходов ППУ на 1000 единиц составил 2030 бел. руб.  $\approx$  969 \$.

Экологическая эффективность включала расчет ущерба природной среде и ресурсам, а также плату за несанкционированное размещение отходов. Ущерб, наносимый отходами растительности, почве, водным объектам – = 1,08 тыс. бел. руб., ущерб, наносимый отходами воздушному бассейну – 0,006 тыс. бел. руб., плата за несанкционированное размещение отходов – 0,72 тыс. бел. руб., общий ущерб – 1,806 тыс. бел. руб.

Помимо расчета эффективности немаловажным является обеспечение конкурентоспособности выпускаемой продукции. Для этого были определены интегральный показатель конкурентоспособности гранулята из отходов ПУ, который составил 1,01 и исходного гранулята, составляющий 0,84. Относительный уровень конкурентоспособности составил 1,2.

Социальная эффективность заключается в повышении степени удовлетворенности потребителей относительно недорогой обувью.

Еще одним критерием, определяющим целесообразность переработки, должен стать ассортимент продукции, выпускаемой из отходов. В частности, в дальнейшем полученная композиция может быть использована вместе с первичным ППУ для получения различных материалов и подошв, являться основой для получения пористых и волокнисто-наполненных материалов и подошв путем добавления соответствующих ингредиентов, а также использоваться для получения набоечных материалов и материалов типа «профилактика».

### **Список использованной литературы**

1. Обувные материалы из отходов пенополиуретанов / А. Н. Буркин [и др.]. – Витебск : ВГТУ, 2001. – 173 с.

2. Вкладыш для низа обуви : пат. 7134 С2 Республика Беларусь, МПК С 081 J 11/04, А 43 В 13/42; Буркин А. Н., Трофименко О. И., Матвеев К. С. ; заявитель и патентообладатель УО «ВГТУ», ОАО «Лидская обувная фабрика». – № а 20000975 ; заявл. 27.10.00 ; опубл. 30.06.05, Бюл. № 2 (45).
3. Композиция для внутренних деталей обуви : патент 5609 Респ. Беларусь : МПК 7 А 43В 17/14 / А. Н. Буркин, О. И. Трофименко, К. С. Матвеев, М. А. Васильев ; заявитель и патентообладатель УО «Витебский государственный технологический университет». - № а 19990293 ; заявл. 30.03.1999 ; опубл. 30.12.2003, Бюл. № 4 (39).
4. Композиция для промежуточных деталей низа обуви : патент 6536 Респ. Беларусь : МПК7 А 43В 13/42, С 08J 5/04 / А. Н. Буркин, А. Л. Ковалёв, К. С. Матвеев, В. К. Смелков ; заявитель и патентообладатель Витебский гос. технол. ун-т. - № а 20000331 ; заявл. 07.04.2000 ; опубл. 30.09.2004, Бюл. № 3 (42).
5. Композиция для деталей низа обуви : пат. 5190 С2 Республика Беларусь, МПК С 08 J 11/00 ; Буркин А. Н., Энтин Г. С., Матвеев К. С. – № а 19980897. – заявл. 29.09.98 ; опубл. 30.06.03, Бюл. № 2 (37).
6. Экструдер для переработки отходов пенополиуретана : пат. U 170 Республика Беларусь : МПК: С08G 18/00. А. Н. Буркин, В. В. Савицкий, К. С. Матвеев, О. В. Стайнов, А. К. Новиков ; заявитель и патентообладатель УО «Витебский государственный технологический университет» : – № 19990140 ; заявл. 1999.12.28 ; опубл. 2000.09.30.
7. Способ переработки отходов пенополиуретана : пат. 6172 С2 Республика Беларусь, МПК С 08 J 5/06, 11/12 ; Буркин А. Н., Матвеев К. С. ; заявитель и патентообладатель ВГТУ. – № а 19991172 ; заявл. 28.12.99 ; опубл. 30.06.04, Бюл. № 2.
8. Радюк, А. Н. Отходы обувных предприятий в общей схеме (концепции) эколого-экономической системы / А. Н. Радюк, Т. Б. Савицкая // Переработка отходов текстильной и легкой промышленности: теория и практика : материалы докладов Международной научно-практической конференции, Витебск, 30 ноября 2016 г. / УО "ВГТУ". - Витебск, 2016. - С. 85-89.