

УДК 685.34.082

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НА СВОЙСТВА ЭКСТРУЗИОННЫХ ВОЛОКНИСТО-НАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### THE EFFECT OF COMPOSITION ON THE PROPERTIES OF EXTRUSION FIBER-FILLED COMPOSITE MATERIALS

К. О. Бужинская<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Витебский государственный технологический университет,  
Витебск, Беларусь*

K. O. Buzhinskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus*

**Аннотация** – вторичная переработка отходов обувного производства в полимерные композиты представляется актуальной задачей, т. к. позволяет не только существенно сократить загрязнение окружающей среды, но и увеличить коэффициент использования дорогостоящих и не производимых в Беларуси сырьевых ресурсов. Задача исследования состоит в получении материалов с определенным составом и комплексом свойств, соответствующих требованиям технических нормативных правовых актов (ТНПА), а также в преодолении фактора ухудшения свойств вторичных обувных материалов наполнением древесной пылью. Результаты исследования можно использовать на обувных предприятиях, научно-исследовательских учреждениях, испытательных центрах продукции обувной и легкой промышленности.

**Ключевые слова** – композиционный материал, полимерная матрица, отходы полиуретана, древесная мука, волокнистый наполнитель, модификация, рециклинг.

#### I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время переработка отходов обувных полиуретанов (ПУ) представляется актуальной задачей, так как полиуретановые отходы вывозятся на свалки и полигоны с последующим сжиганием, которое сопровождается загрязнением атмосферы высокотоксичными цианистыми соединениями и окисью углерода. Между тем вторичные полиуретаны при их рациональном использовании способны снизить потребность в первичных материалах, увеличить коэффициент использования дорого-

стоящих и не производимых в Беларуси сырьевых ресурсов, а также позволит экономить денежные и трудовые ресурсы [1].

Отходы от выпускаемой полиуретановой продукции можно разделить на отходы литьевых термореактивных полиуретанов (литники, облой, стружка в виде ленты от обточки валов), отходы мягких пенополиуретанов (далее ППУ), отходы жестких ППУ [2]. Переработка каждого вида отходов требует своего технологического решения.

Регенерация пенополиуретановых отходов термомеханическим методом заключается во взаимодействии между измельченными отходами в результате простого механического процесса смешивания, и приобретает она материалом в процессе термического воздействия. Особенностью результатов переработки является то, что преобразованный материал, чаще всего имеет свойства отличные от свойств, присущих первоначальному сырью, т. е. пенополиуретановым композициям, а точнее приобретает свойства термопластичного материала, пригодного к переработке на стандартном литьевом оборудовании [1]. При вторичной термомеханической переработке полимеров, как и при их эксплуатации, протекают сложные физико-химические процессы: преобразованный материал, чаще всего демонстрирует незначительное снижение некоторых характеристик, которые присущи первичным пенополиуретановым композициям и сопровождаются изменениями в структуре полученного гранулята.

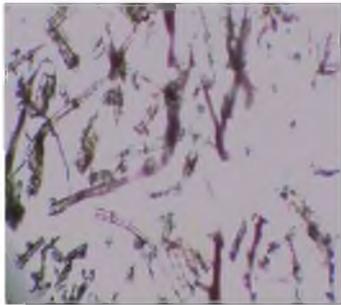
## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

С точки зрения повышения уровня свойств композитов на основе обувных отходов перспективу представляет их целевое модифицирование, что основано на известном опыте применения малых добавок некоторых дисперсных наполнителей и в ряде случаев положительно сказывается на свойствах композиционных материалов на основе первичных полимеров [3]. Соотношение компонентов композиции, совершенствование методов и рецептуры наполнения матрицы древесным наполнителем позволит получать композиты, приближенные по свойствам к требуемым. Задача исследования состоит в разработке рецептурного состава и получении волокнисто-наполненных композиционных материалов с определенным комплексом свойств, находящихся в рамках традиционно используемых материалов для низа обуви. Предполагается, что древесные наполнители в виде волокнистых частиц можно рассматривать как недорогие добавки к полимерным матрицам из вторичных материалов, которые при определенных рецептурно-технологических параметрах формирования композита позволяют в некоторой степени компенсировать ухудшение его физико-механических характеристик [4].

### III. ТЕОРИЯ

В качестве основного компонента композитов использовали вторичное полимерное сырьё – отходы обувных пенополиуретанов ЧПУП «Обувное ремесло» (г. Витебск, Беларусь), в качестве наполнителя – отходы деревообрабатывающего предприятия ОАО «Витебскдрев»: древесная пыль (далее ДП) от шлифовки ДВП в количестве 1,0 – 5,0 %. Характеристики целевых добавок представлены в соответствии с таблицей 1.

ТАБЛИЦА 1  
 ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕЛЕВЫХ ДОБАВОК КОМПОЗИЦИИ

Компонент	Средний размер частиц	Нормативный документ	Назначение
Масло промышленное (масло трансмиссионное TAD17)	-	ТУ 0253-003-71148628-2005	Обеспечивает функцию пластификации полимерной основы и смазывание компонентов композита
Стеарат кальция $\text{Ca}(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2$	4-8 мкм 	ТУ 2232-002-57149839-07	Функция твердой смазки полимеров и повышение устойчивости вторичных полимеров к термоокислению
Древесная пыль	8-78 мкм 	-	Наполнитель

Для подготовки волокнисто-наполненных композиционных материалов из отходов ППУ разработана технологическая схема переработки вторичного сырья в гранулят, представленная в работах [2, 3]. На литьевой машине из гранулята получали экс-

периментальные образцы композитов с введением в дисперсионную среду ДП в количестве 0–5,0 мас. %. Составы и режимы получения композитов представлены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2  
СОСТАВЫ И РЕЖИМЫ ПОЛУЧЕНИЯ  
ВОЛОКНИСТО-НАПОЛЕННЫХ КОМПОЗИТОВ

№ рецептуры	Составы композиций, мас. %	Температура в экструдере по зонам, °С (50-70 об/мин)	Крутящий момент, Мкр, Н·м
1	ППУ(97,5)+СтСа(0,5)+МИ(1)+ДП(1)	125,140,150, 160,170,160	8,65
2	ППУ(96,5)+СтСа(0,5)+МИ(1)+ДП(2)	125,140,150, 160,170,160	10,22
3	ППУ(95,5)+СтСа(0,5)+МИ(1)+ДП(3)	125,140,150, 160,170,160	11,00-11,27
4	ППУ(94,5)+СтСа(0,5)+МИ(1)+ДП(4)	125,140,150, 160,170,160	10,22-10,74
5	ППУ(93,5)+СтСа(0,5)+МИ(1)+ДП(5)	125,140,150, 160,175,160	9,96-10,48

Примечание: СтСа – стеарат кальция, МИ – масло индустриальное,  
ДП – древесная пыль.

Из полученных композитов на термопластавтомате «ТП EN30» изготавливали образцы, которые далее исследовали по показателям: плотность (ГОСТ 267-73), твердость по Шору А (ГОСТ 263-75), абразивный износ (ГОСТ 20871-2022).

#### IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Свойства полученных материалов варьируются  $\rho$  – 1,22-1,26 г/см<sup>3</sup>,  $H$  – 77-83 усл. ед.,  $V_i$  – 0,33-0,57 мм<sup>3</sup>/м, Материалы имеют высокие показатели (рис. 1, 2): плотность и твердость всех полученных образцов соответствует нормируемым значениям для материалов низа обуви, а именно – козеподобным резинам. Твердость композита увеличивается при одновременном некотором снижении абразивного износа (рис. 1).

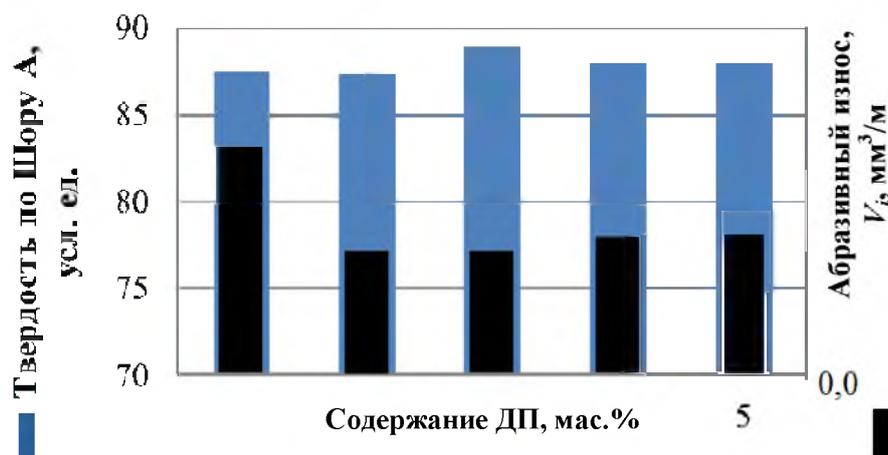


Рис. 1. Зависимость физико-механических характеристик композита от содержания ДП (мас.%): твердость по Шору А, абразивный износ ( $V_i$ )

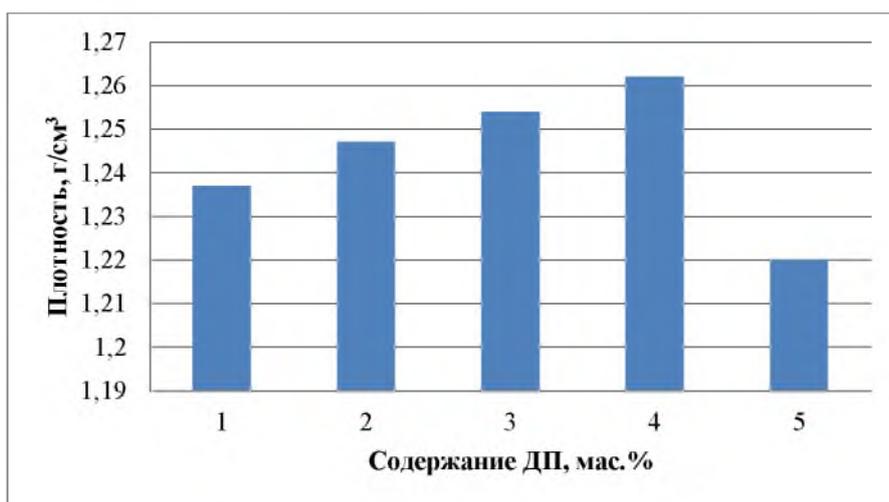


Рис. 2. Зависимость плотности композита от содержания ДП (мас.%)

## V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таким образом, анализ результатов исследования показал, что все образцы полимерных материалов, модифицированных ДП, соответствуют требованиям ТНПА для материалов, применяемых для изготовления деталей низа обуви. Наилучшими свойствами обладают композиты, наполненные ДП от 2 до 4 мас. %. Наполнение полимерной матрицы отходами деревообрабатывающей промышленности при определенных рецептурно-технологических параметрах формирования композиции позволяет компенсировать ухудшение свойств вторичных обувных материалов, а также получать материалы для деталей низа обуви близкие по свойствам к резинам и кожепо-

добным резинам. Вовлечение отходов обувного и деревообрабатывающего предприятий внесет значительный экологический и экономический эффект, т. к. введение ДП в качестве наполнителя в полимерную матрицу позволит значительно снизить не только вес, но и стоимость таких изделий. Создание композитов, модифицированных ДП, для деталей низа обуви позволит частично решить проблему импортозамещения кожеподобных материалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаповалов В. М. Разработка высоконаполненных композитов на основе термопластов измельченной древесины для переработки методом экструзии в изделия машиностроительного назначения: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук / ИММС. Гомель, 2005. 45 с.
2. Буркин А. Н., Матвеев К. С., Смелков В. К., Солтовец Г. Н. Обувные материалы из отходов пенополиуретанов: моногр. / Витебский гос. технолог. ун-т. Витебск: Изд-во ВГТУ, 2001. 173 с.
3. Ермалович К. О., Буркин А. Н., Тарутько К. И. [и др.]. Свойства волокнисто-наполненных полимерных композитов типа кожволон // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2023. № 1 (44). С. 90–101.
4. Шаповалов В. М., Барсуков В. Г., Купчинов Б. И. Технология переработки высоконаполненных композитов. Гомель: ИММС, 2000. 259 с.