

А. Н. Радюк, канд. техн. наук, доцент, докторант,  
А. Н. Буркин, д-р техн. наук, проф. (ВГТУ, г. Витебск)

## **КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИУРЕТАНОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАПОЛНИТЕЛЯМИ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ**

Введение. Динамичное развитие техники и современных технологий выдвигает проблему создания новых типов полимерных материалов с комплексом свойств, которыми не обладают известные ныне пластики. Эту проблему нельзя разрешить только синтезом новых полимеров, поскольку в нем имеются существенные ограничения, в настоящее время осложненные экономической ситуацией. Поэтому в научных и прикладных исследованиях последних лет сохраняется тенденция, направленная в сторону модификации свойств традиционных полимеров при решении проблем создания материалов с заранее заданными свойствами.

Цель работы – исследование и анализ полимерных композиций на основе вторичных полиуретанов, полученных путем целевого модифицирования полимерной матрицы, с улучшенными характеристиками свойств.

Материалы и методы. В качестве основного компонента материалов использовали вторичное полимерное сырьё в виде отходов пенополиуретана (ППУ) производства обувных предприятий г. Витебска.

С целью повышения технологичности переработки композиций применяли следующие ингредиенты: индустриальное масло (МИ) и стеарат кальция (стСа) в количестве 0,5–1,0 мас. %.

В качестве наполнителей использовали: аэросил А-380, технический углерод, полученный из древесного угля, кноп стригальный полипропиленовый, древесную пыль и древесное волокно, образующиеся при деревообработке.

Технический углерод (ТУ), полученный из древесного угля, измельченный до мелких гранул является основным товарным продуктом пиролиза древесины и альтернативной заменой технического углерода.

Кноп стригальный представляет собой волокнистые отходы коврового производства, не утилизируемые в настоящее время. В работе использовали кноп стригальный полипропиленовый, с длиной волокон 2–4 мм.

Древесная пыль (ДП) относится к легким органическим наполнителям растительного происхождения и представляет собой тонкоизмельченную и высушенную древесину волокнистой структуры.

Древесные волокна (ДВ) получают путем разделения измель-

ченной и пропаренной технологической щепы на отдельные волокна на специальных мельницах (дефибраторы, рефинеры) с последующей сушкой древесноволокнистой массы.

Композиционные материалы исследовали по следующим показателям плотность (ГОСТ 267), твердость по Шору А (ГОСТ 263), абразивный износ на машине «APG-300» (ГОСТ 11012); прочность, относительное удлинение и модуль упругости (ГОСТ 11262) на исследовательском комплексе «Instron 5657» («Instron», Великобритания).

Для подготовки композиционных материалов разработана технологическая схема получения гранулята, представленная в работах [1–3]. Далее методом экструзии из гранулята, содержащего технологические добавки, формировали композиционные материалы с введенными в матрицу наполнителем при температурах в экструдере 125–175°C. Составы для получения композиционных материалов представлены в таблице 1. Для исследования и анализа полимерных композиций в данной работе использовали небольшое содержание наполнителя в композитах, так как содержание в 1 мас. % приводит к появлению качественно новых свойств материала.

Образцы для исследования получали методом литья под давлением механических смесей компонентов в материальном цилиндре термопластавтомата «ТП EN30» («Hengsen», Китай) при температуре 170–190°C.

**Таблица 1 – Составы для получения композиционных материалов**

№ п/п	ППУ	стСа	МИ	Аэросил	ТУ	ДП	ДВ	Кноп
1	98,5	0,5	1	–	–	–	–	–
2	97,5	0,5	1	1	–	–	–	–
3	97,5	0,5	1	–	1	–	–	–
4	97,5	0,5	1	–	–	1	–	–
5	97,5	0,5	1	–	–	–	1	–
6	97,5	0,5	1	–	–	–	–	1

*Примечание.* Составы приведены в мас. %

Результаты и их обсуждение. Предварительно проведенные исследования показали, что введение во вторичный ППУ целевых технологических добавок в виде индустриального масла и стеарата кальция способствует улучшению его переработки. На основе базовой композиции «вт. ПУ + технологическая добавка» были получены композиты с различным содержанием наполнителей, исследованы показатели их физико-механических свойств.

Результаты исследования показателей свойств композитов в зависимости от рецептурного состава представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты исследования показателей свойств композитов**

№ п/п	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\sigma$ , МПа	$\varepsilon$ , %	E, МПа	H, усл. ед.	$V_i$ , мм <sup>3</sup> /м
1	1,233	15	140	24,2	86	0,38
2	1,228	6,9	155	10,9	77	0,49
3	1,119	2,6	106	5,5	82	1,65
4	1,237	15,3	127	24,4	88	0,48
5	1,248	13,6	142	22,3	86	0,30
6	1,211	4,5	171	17,5	76	0,80

На основе приведенных данных рассчитывалось отношение каждого показателя исследуемых композитов к значениям полимерной основы (№ 1 в таблицах 1, 2), принимаемым за 100 %.

Относительные показатели для композитов на основе вторичного ППУ и наполнителей различной структуры в сравнении с полимерной основой представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Относительные показатели композитов, модифицированных наполнителями различной структуры**

№ п/п	ОП по $\rho$	ОП по $\sigma$	ОП по $\varepsilon$	ОП по E	ОП по H	ОП по $V_i$
1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2	100,41	46,00	110,71	45,04	111,69	77,55
3	110,19	17,33	75,71	22,73	104,88	23,03
4	99,68	102,00	90,71	100,83	97,73	79,17
5	98,80	90,67	101,43	92,15	100,00	126,67
6	101,82	30,00	122,14	72,31	113,16	47,50

По данным таблицы 3 установлено, что по свойствам композицию №1 превосходит композиция №5 (средний уровень относительных показателей составляет 101,62%) далее идет композиция №4 (средний уровень относительных показателей составляет 95,02%). Для композиций №2 и №5 средний уровень относительных показателей составляет 81,90% и 81,16% соответственно. Ниже всех уровень свойств и значение среднего уровня относительных показателей (58,98%) у композиции №3.

**Заключение.** Таким образом, использование модифицирующих добавок с индивидуальным эффектом, реализуемым каждой из них, позволяет для отечественных обувных производств сохранить и улучшить уровень качества готовых изделий на основе вторичных ППУ, обеспечить рециклинг отходов производства, снижается себестоимость деталей низа обуви за счет уменьшения материалоемкости, расширить ассортимент продукции, частично сократить загрязнение окружающей среды за счет использования отходов производства и ор-

ганизации безотходного производства деталей низа обуви на основе полиуретанов на обувных предприятиях, увеличить коэффициент использования дорогостоящих не производимых сырьевых ресурсов.

*Работа выполнена в рамках задания 8.4.2.4 «Теоретические и экспериментальные методы оценки структуры и свойств композиционных материалов на полимерной матрице из полиуретанов» подпрограммы «Многофункциональные и композиционные материалы» государственной программы научных исследований «Материаловедение, новые материалы и технологии» на 2021-2025 годы.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Радюк А. Н. Получение гранулята из отходов пенополиуретана для литья подошв обуви // Технологии и качество. – 2024. – № 1. – С. 32–39.

2. Структура и свойства композиционных материалов с использованием в качестве наполнителя древесной пыли / А. Н. Радюк, А. Н. Буркин, В. М. Шаповалов, С. В. Зотов, А. А. Тимофеенко // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2023. – № 45. – С. 38.

3. Радюк А. Н., Буркин А. Н. Анализ и оценка качества композиционных материалов с использованием в качестве наполнителя древесных отходов // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2024. – №3. – С. 35–41.

УДК 630\*61:674

А. М. Сумароков, канд. техн. наук, советник-консультант  
(Фирма «Springer», Австрия);

Е. П. Карпов, журналист историк  
(г. Санкт-Петербург, Российская Федерация);

С. П. Трофимов, канд. техн. наук, эксперт  
(Ассоциация «Лестех», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

## **ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ И КАДРЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

Из всех видов природного сырья, которые люди используют с давних времен, древесина является самым верным и надежным, универсальным материалом, способным дать нам не только крышу над головой, но и топливо, строительные изделия, предметы интерьера, мебель, а благодаря достижениям химии бумагу, хирургические нити, посуду и многое другое (более 20 тыс. расширяющихся сфер применения). Древесина является одним из немногих возобновляемых ресурсов, а леса благотворно влияют на экосистему нашей планеты.

Основой развития производств лесопромышленного комплекса (ЛПК) является совершенствование технологии и техники, которые