

## Список использованных источников

1. Okamura H., Ouchi M. Self-compacting concrete/ Journal of advanced concrete technology 1(1), 2003, p. 5-15.
2. Ha Thanh Le, Matthias Müller, Karsten Siewert, Horst-Michael Ludwig The mix design for self-compacting high performance concrete containing various mineral admixtures/Materials & Design №72, 2015, p. 51-62.
3. Harvinder Singh, Rafat Siddique Utilization of crushed recycled glass and metakaolin for development of self-compacting concrete/ Construction and Building Materials №348, 128659. 2019.
4. Abhishek Jain, Sandeep Chaudhary, Rajesh Gupta Mechanical and microstructural characterization of fly ash blended self-compacting concrete containing granite waste/ Construction and Building Materials 314, part A, 125480. 2022.
5. P. Abhishek, P. Ramachandra, P.S. Niranjana Use of recycled concrete aggregate and granulated blast furnace slag in self-compacting concrete/ Materials Today Proceedings 42(2), 2021, p. 479-486.

УДК 674.8:685.3

**А.Н. Радюк**

Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Республика Беларусь

## ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

*Аннотация. В работе представлены технологии для получения материалов и изделий, отличающейся рецептурным составом, режимами переработки, технологической и аппаратурной оснащённостью. Разработанные технологии способствуют получению материалов с необходимым комплексом свойств, с целью чего проводится физико-химическое модифицирование материалов различной дисперсности.*

**A.N. Radyuk**

Vitebsk State Technological University  
Vitebsk, Republic of Belarus

## IMPORT-SUBSTITUTING TECHNOLOGIES FOR OBTAINING NEW MATERIALS USING PRODUCTION WASTE

***Abstract.** The paper presents technologies for obtaining materials and products that differ in their recipe composition, processing modes, technological and instrumental equipment. The developed technologies contribute to obtaining materials with the necessary set of properties, for the purpose of which physical and chemical modification of materials of various dispersions is carried out.*

Полимерные материалы, используемые для изготовления деталей низа обуви на предприятиях Республики Беларусь преимущественно зарубежного производства. Значительную часть из них составляют полиуретаны. Одним из перспективных направлений импортозамещения является использование отходов полиуретанов для производства материалов и изделий для низа обуви. Проведенные ранее работы в области переработки отходов обувных полиуретанов касались лишь технологий их переработки и получения изделий на их основе.

Данная работа основана на применении дешевых ингредиентов, позволяющих получить материалы для низа обуви с заданными свойствами на полимерной основе из вторичного пенополиуретана (ППУ), причем предполагается использовать отходы, образующиеся не только в обувной промышленности. Это позволит получить существенный экономический эффект за счет использования вторичного сырья как источника дополнительных ресурсов, а также частично решить вопросы экологического характера, связанные с необходимостью захоронения токсичных отходов.

Обувные материалы для низа обуви представляют собой многокомпонентную систему, состоящую из полимерной основы и различных ингредиентов, выбор которых позволяет достичь определенных свойств и влияет на разработку рецептуры композиции. При этом основными компонентами литьевой композиции, применяемой при производстве низа обуви, кроме полимерной основы, являются также стабилизаторы, пластификаторы, наполнители и порообразователи (рис. 1).



Рис. 1 Основные компоненты литьевой композиции

*Целью работы* является разработка технологий получения материалов для подошв обуви с заданным уровнем свойств на основе отходов производства предприятий г. Витебска и сравнительный анализ их физико-механических и эксплуатационных показателей свойств.

*Объектом исследования* полимерные материалы и подошвы обуви на основе отходов производства предприятий г. Витебска.

*Предмет исследования* – физико-механические и эксплуатационные свойства материалов и подошв обуви.

*Отличительной особенностью работы* является применение дешевых наполнителей для получения новых материалов на основе отходов производства.

В настоящее время все технологии переработки большинства полимерных материалов в наибольшей степени связаны с термомеханическим методом. Основными вариантами технологий по данному методу являются технологии получения гранулята, вкладыша для низа обуви, материалов (пластин) и подошв обуви, основные операции которых сведены в таблице 1.

Для обувной промышленности наибольшей целесообразностью и эффективностью переработки обладают такие детали низа обуви как пластины и подошвы обуви различных структур.

Получены различные по структуре подошвы обуви: монолитные (М), пористые (П) и волокнисто-наполненные (В-Н). Результаты испытаний свойств полученных подошв обуви представлены в таблице

## 2.

Таблица 1. Технологии получения новых материалов  
Основные операции

- 1) предварительная сортировка и очистка отходов;
- 2) измельчение отходов ППУ;
- 3) сушка отходов ППУ;
- 4) смешивание отходов ППУ с техническим вазелином;
- 5) гранулирование композиции;
- 6) измельчение;
- 7) смешивание гранулята отходов ППУ с добавками;
- 8) гранулирование композиции;
- 9) измельчение композиции;
- 10) литье.

- 1) предварительная сортировка и очистка отходов;
- 2) измельчение отходов ППУ;
- 3) смешивание отходов ППУ с добавками;
- 4) литье.

- 1) предварительная сортировка и очистка отходов;
- 2) измельчение отходов ППУ;
- 3) смешивание отходов ППУ с добавками;
- 4) гранулирование композиции;
- 5) измельчение;
- 6) литье.

Готовое изделие



Таблица 2. Наилучшие значений физико-механических и эксплуатационных свойств полученных подошв обуви

Показатели	Полученные подошвы обуви				
	М	П	В-Н (кноп)	В-Н (ДВ)	В-Н (ДП)
$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	1,2	0,85	1,05	1,1	1,15
H, усл. ед.	80	65	85	65	70
$f_p$ , МПа	6,1	3,6	5,7	4,1	4,8
$\varepsilon_p$ , %	280	190	225	180	210
$\Theta$ , %	18	15	19	20	18
$\beta$ , Дж/мм <sup>3</sup>	7,5	3,5	6,8	8,1	8,5
N, килоциклов	50	50	30	30	30

$\rho$  – плотность, H – твердость,  $f_p$  – условная прочность при разрыве,  $\varepsilon_p$  – относительное удлинение при разрыве,  $\Theta$  – остаточное удлинение после разрыва,  $\beta$  – сопротивление истиранию, N – сопротивление многократному изгибу

По данным таблицы 2 можно сделать вывод о том, что физико-механические и эксплуатационные свойства полученных монолитных, пористых и волокнисто-наполненных подошв с использованием отходов ППУ имеют достаточно близкие значения к материалам,

применяемым в обувном производстве. Поэтому полученные материалы могут быть использованы для производства подошв повседневной обуви весенне-осеннего периода носки. На разработанный состав пористой и волокнисто-наполненной композиций получены патенты на изобретение.

Помимо анализа физико-механических свойств полученных подошв обуви немаловажными является анализ их качества, расчет ресурса и определение показателя старения при хранении в естественных климатических условиях (таблица 3).

Таблица 3. Значения уровня качества, ресурса подошв и показателя их старения

Показатели	Полученные подошвы обуви				
	М	П	В-Н (кноп)	В-Н (ДВ)	В-Н (ДП)
Интегральный уровень качества	1,3	1,1	1,2	1,1	1,15
Ресурс $T_{min} \div T_{max}$ дней интенсивной носки	290–400	120–190	345–440	300–380	320–400
Показатель старения (средний уровень по всем показателям)	-8,5 %	-7,0 %	-10,5 %	-7,5 %	-9,5 %
	деструктивные процессы старения незначительно изменяют физико-механические и эксплуатационные свойства подошв, и соответственно уменьшают продолжительность их эксплуатации. Однако по большинству показателей значения свойств материалов в процессе старения (2 года) превосходят или находятся в рамках нормируемых значений.				

Таким образом, в результате работы по приведенным технологиям получены материалы для подошв обуви на основе отходов ППУ, проведен анализ их физико-механических и эксплуатационных показателей свойств по требованиям, изложенным в ГОСТ 10124-76. Выявлено, что перспективным направлением импортозамещения является использование отходов ППУ для производства изделий с высокой добавленной стоимостью – подошв обуви различных структур. Проведенные исследования и анализ физико-механических и эксплуатационных свойств подошв обуви различных структур показал, что они обладают достаточными свойствами для того, чтобы рекомендовать их в производство обуви.

Основным результатом проведенного исследования является разработка новых материалов на основе отходов производства, предназначенных для подошв обуви. Использование таких материалов дает возможность вернуть в сферу производства образующиеся отходы, развить местную сырьевую базу, расширить ассортимент

обувных материалов и повысить конкурентоспособность обуви отечественного производства за счет снижения себестоимости полученных вторичных материалов.

Результаты исследования направлены в конечном итоге на расширение ассортимента материалов для подошв обуви, повышение уровня их качества, а следовательно, на повышение уровня конкурентоспособности изделий отечественного производства. Данные факторы в совокупности будут способствовать более полному удовлетворению покупательского спроса на обувь отечественных производителей.