

## Влияние длины волокон на свойства композиционных материалов из вторичного сырья

М.А. Козлова<sup>а</sup>, А.Н. Буркин, А.Н. Радюк

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

<sup>а</sup>E-mail: kozlova.maria-77798V@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлены основные ингредиенты, рецептура и технология получения композиционных материалов из вторичного пенополиуретана с наполнителем в виде полипропиленовых волокон. Проведены исследования физико-механических и эксплуатационных свойств полученных композиционных материалов с различной длиной наполнителя. Оценка качества композиционных материалов и подошв показала, что полипропиленовый наполнитель с длиной волокна 2–4 мм и 4–6 мм отвечает требованиям нормативно-правовых актов и может использоваться в качестве подошв обуви для повседневной носки.

**Ключевые слова:** отходы пенополиуретанов, полипропиленовые волокна, технология, материалы, подошвы, свойства, оценка качества.

## Effect of Fiber Length on the Properties Of Composite Materials Made of Recycled Polyurethane Foam

M. Kozlova<sup>a</sup>, A. Burkin, A. Radyuk

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

<sup>a</sup>E-mail: kozlova.maria-77798V@yandex.ru

**Annotation.** The article presents the main ingredients, recipe and technology for obtaining composite materials from secondary polyurethane foam with a filler in the form of polypropylene fibers. Studies of physical, mechanical and operational properties of the obtained composite materials with different filler lengths were carried out. Evaluation of the quality of composite materials and soles showed that the polypropylene filler with a fiber length of 2-4 mm and 4-6 mm meets the requirements of regulatory legal acts and can be used as soles of shoes for everyday wear.

**Key words:** polyurethane foam waste, polypropylene fibers, technology, materials, soles, properties, quality assessment.

### ВВЕДЕНИЕ

Трудно представить жизнь без активного удовлетворения человеческих потребностей, используя при этом природные ресурсы, нанося этим вред окружающей среде. Проблемы отходов и их сборов и переработки остаются актуальными во всех странах, и Республика Беларусь не является исключением. В нашей стране продолжается процесс интенсивного накопления отходов производства и потребления, поэтому наблюдается увеличение объёмов отходов.

Искусственные и синтетические материалы достаточно широко применяются в производстве обуви, наибольший удельный вес из них имеют полиуретаны. Полиуретаны являются наиболее ценными и широко производимыми промышленными полимерами. Из полиуретанов изготавливают самые различные материалы для различных отраслей промышленности полиуретаны (ПУ) применяются во всем мире уже на протяжении более чем 50 лет и в

настоящее время сохранили одно из ведущих мест среди полимерных материалов.

Однако отходы от производства изделий из пенополиуретанов запрещено вывозить на полигоны для захоронения в связи с токсичностью продуктов их разложения. Вовлечение же пенополиуретановых отходов в производственный цикл зачастую требует материальных и трудовых затрат. Отсутствие требований к свойствам изделий из вторичного сырья, сведений о процентном составе и свойствах полиуретанов разных производителей не позволяет производить изделия требуемого качества, удовлетворяющего потребителя.

На предприятиях текстильной промышленности Республики Беларусь в процессе производства текстильных полотен и изделий образуется много видов всевозможных отходов. Отходы, образующиеся в процессе производства, составляют до 25 % от используемого сырья. Количество отходов зависит от вида изготавливаемой продукции, технологии

производства, технического состояния оборудования, квалификации рабочих.

Отходы, такие как концы ленты, рвань ровницы, выпады, сдир, орешек трепальный и чесальный, концы пряжи, лоскуты, обрезь и другие, то есть длина волокон в которых достаточна для того, чтобы переработать их в пряжу большей линейной плотности, нетканые материалы или другие материалы подобного типа находят применение в текстильной промышленности. Но такие отходы, как кноп стригальный, кноп ткацкий, сечка, то есть волокнистые отходы, длина волокон в которых 0,5–25 мм, применения в своём производстве не находят [1].

Данная работа является актуальной, так как решает важную научно-техническую проблему, направленную на расширение ассортимента

материалов для деталей низа обуви на основе использования вторичных ресурсов, а также направленную на частичную утилизацию отходов. Это может позволить получить материалы из вторичного сырья, с требуемым уровнем потребительских свойств и невысокой стоимостью.

### АНАЛИЗ ПРОПИЛЕНОВЫХ ВОЛОКОН И ПОЛИУРЕТАНА

В ходе исследования был проведен химический, физический и микроскопический метод анализ полипропиленовых волокон и вторичного полиуретана. Общая характеристика анализа вторичного полиуретана и полипропиленовых волокон на основе выше перечисленных методов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Общая характеристика отходов пенополиуретана и полипропиленовых волокон

Название отхода	Внешний вид	Физические свойства	Химический состав	Микроскопический анализ
Пенополиуретан	Частицы материала черного цвета, непрозрачные, матовые	Длина в пределах 0,01–2,80 мм, ширина в пределах 0,01–2,80 мм, толщина 0,01–4,90 мм. Стоек к действию бензина, ацетона, воды, нестойк к уксусной кислоте	Полиуретан, без дополнительных включений	Структура плотная, равномерная, с присутствием оставшихся пор шарообразной формы, без дополнительных включений и дефектов
Полипропиленовые волокна	Короткое волокно, полупрозрачное светло коричневого цвета с вкраплением черных и красных волокон	Длина 1–10 мм, массой 0,27–4,26 мм, толщиной 13–16 мкм. Стоек к ацетону, воде, этиловому спирту, кислотам: уксусной и соляной. Условно устойчив к бензину	Полипропилен, без дополнительных включений	Структура однородная, форма гладкая цилиндрическая

### ИНГРЕДИЕНТЫ И РЕЦЕПТУРА ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основной ингредиент (компонент) для получения композиционного материала и подошв – вторичный полиуретан различных марок, в виде отходов обувных предприятий города Витебска, в качестве наполнителя – полипропиленовые волокна различного размера, в виде отходов коврового предприятия.

Отходы пенополиуретана, образующихся на предприятиях г. Витебска, представляют собой в конечном итоге «гранулят». «Гранулят» может быть различным, но чаще всего представляет собой сыпучий материал, состоящий из однородных по размеру и форме частиц. Их размер и форма в основном зависит от вида перерабатываемого материала и от метода его переработки. Гранулы могут быть в форме шарика, пластинки, цилиндра и др.

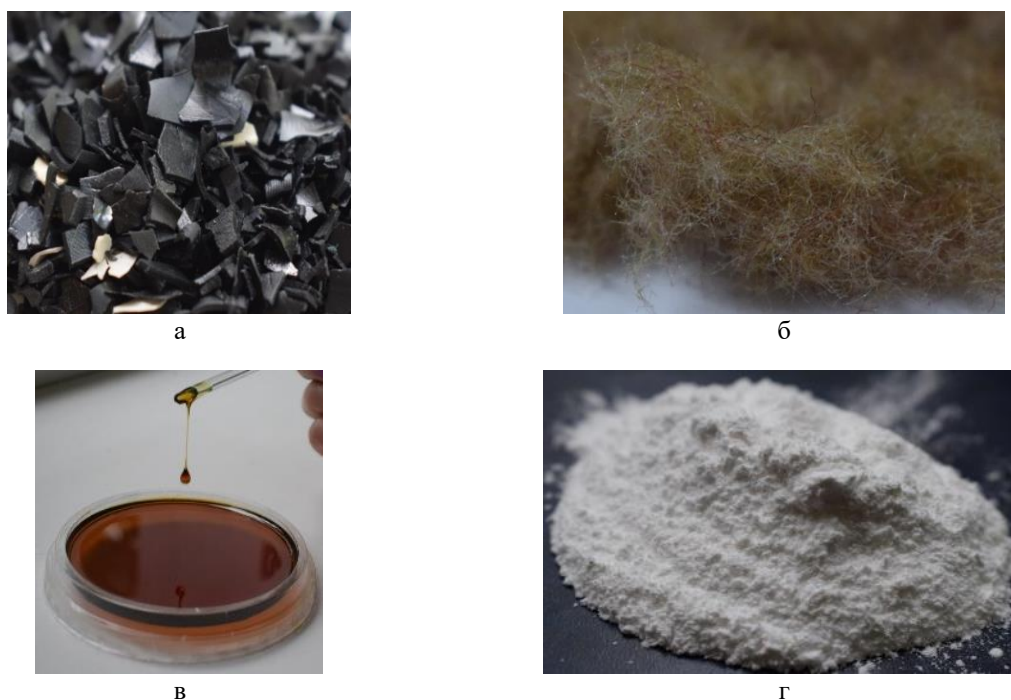
Практически любые отходы текстильного производства могут найти применение в текстильной промышленности, однако коротковолокнистые материалы, такие как кноп стригальный или кноп ткацкий, имеющие длину волокон от 0,5 по 25 мм, не находят применения в своём производстве. Хотя они обладают достаточно ценными свойствами, которые зависят от свойств составляющих этих отходов. Одним из решения проблемы переработки и применения данных отходов может послужить внедрение их в полимерную композицию в виде наполнителя [2].

Полипропиленовое волокно – это современный материал, относящийся к группе полиолефинов – высокомолекулярных углеводородов алифатического ряда. Волокно данного типа более устойчиво к изгибам и эластично.

Для замешивания композиции необходимы пластификаторы, стабилизаторы. В качестве

пластификатора применялось индустриальное масло, а в качестве стабилизатора – стеарат кальция. На

рисунке 1 представлены ингредиенты для получения композиционных материалов.



**Рисунок 1 – Ингредиенты для получения композиционных материалов:**  
**а – отходы пенополиуретана; б – волокнистый наполнитель (полипропиленовое волокно);**  
**в – индустриальное масло; г – стеарат кальция**

Согласно статье [3], введение наполнителей нарушает регулярность расположения макромолекул и приводит к понижению механических свойств, ухудшению текучести и перерабатываемости пластиков. Содержание наполнителей не должно превышать 20 мас.ч. на 100 мас.ч. полимера. Минимальное количество наполнителя должно составлять 0,5 мас.ч.

Авторами статьи [4, 5] было проведено исследование, которое показало, что содержание волокнистого наполнителя, в качестве которого использовали полипропиленовое волокно, должно составлять 1 мас.ч. по отношению к отходам пенополиуретанов. В противном случае увеличение волокнистого наполнителя по отношению к отходам пенополиуретанов приведет к высокому проценту

образования брака и ухудшению прочностных свойств композиционных полимерных материалов. В этой работе использовались волокна размером 2–4 мм, без аргументированного обоснования именно этого размерного диапазона.

В связи с тем, что материалы и подошвы с волокнистым наполнителем размером 7–10 мм не отвечают требованиям к качеству внешнего вида и структуры (рис. 2), их нецелесообразно использовать для дальнейшего исследования. Композиция с волокнистым наполнителем размером около 10 мм не проходит через экструдер, размером около 8 мм не проходит через формующую головку литьевой машины, а размером 6 и выше мм не способствует получению подошв качественного вида и структуры.



**Рисунок 2 – Несформированные подошвы с волокнистым наполнителем более 6 мм**

При анализе работ по переработке отходов полиуретанов [6, 7, 8, 9] было установлено, что наиболее приемлемым и эффективным способом переработки, с экономической точки зрения, является термомеханический способ. Технологический процесс получения подошв обуви из вторичного полиуретана представлен на рисунке 3.

Первый этап технологического процесса – сбор отходов, который заключается в осуществлении сбора отходов пенополиуретана и сортировке их по видам и структуре.

Второй этап технологического процесса – измельчение отходов с помощью дробилки Alpine A 40/63-5-3.

Третий этап – смешивание отходов, заключающийся в взвешивании ингредиентов на весах с точностью не менее  $\pm 10\%$  и в смешивании ингредиентов вручную.

Четвёртый этап – термомеханический рециклинг, в экструдер ЭШПО-75 производится загрузка композиционной смеси, полученные лоскуты измельчают с помощью дробилки Alpine A 40/63-5-3.

Пятый, заключительный этап – литьё композиции. Композиционный материал засыпают в трехпозиционный статический литьевой агрегат SP 345-3 фирмы MainGroup, где и происходит формование подошв.

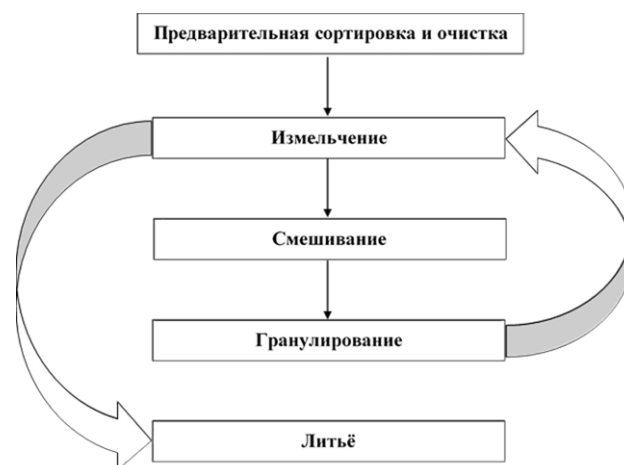


Рисунок 3 – Схема технологического процесса

Полученные образцы материалов (пластин) испытывались по ряду физико-механических и эксплуатационных свойств. Была определена плотность, твёрдость, условная прочность, относительное удлинение, относительное остаточное удлинение, сопротивление истиранию и сопротивление многократному изгибу. Результаты испытания материалов (пластин) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытания материалов из вторичного пенополиуретана и полипропиленовых волокон

Образец	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Твёрдость, усл. ед.	Условная прочность, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное остаточное удлинение, %	Сопротивление истиранию, Дж/мм <sup>3</sup>	Сопротивление многократному изгибу, циклов
Без волокнистого наполнителя	1,07–1,10	80	4,3–4,6	255	20	5,3–5,5	30 000
0–2 мм	1,05	82–85	2,8	180–192	19	5,0–5,2	30 000
2–4 мм	1,03	77–80	4,8–5,2	235–247	17	5,8–6,3	30 000
4–6 мм	1,02	78–82	4,3–4,7	200–211	18	6,2–6,5	30 000
Требование «эталона», для волокнисто-наполненных	не более 1,1	не менее или в пределах 80–95	не менее 5,0	не менее или в пределах 180–300	не более 15–30	не менее 5,9	не менее 20 000

Анализируя данные таблицы 2, можно сделать вывод, что показатели образца без наполнителя и волокнисто-наполненные образцы практически схожи, однако условная прочность образца с наполнителем 0–2 мм значительно ниже остальных образцов, плотность, относительное удлинение и сопротивление истиранию также ниже. Следовательно, материал, волокнисто-наполненный 0–2 мм, не рекомендуется для дальнейшего анализа и исследования.

Волокнисто-наполненные материалы 2–4 и 4–6 мм соответствуют требованиям эталона по показателям физико-механических и эксплуатационных свойств.

Так можно отметить, что условная прочность у образца 2–4 мм превосходит значения без наполнителя образца и удовлетворяет «эталону», а по относительному удлинению близко к значению без наполнителя.

Сравнивая между собой материалы с 2–4 и 4–6 мм волокнистого наполнителя, можно отметить, что такие показатели, как условная прочность, относительное удлинение и остаточное относительное удлинение лучше у материала с волокнистым наполнителем размером 2–4 мм; плотность и твёрдость у них практически не отличаются, а сопротивление истиранию у образца 2–4 мм уступает образцу 4–6 мм

на 4,7 %, что является незначительным отклонением. В связи со сказанным выше рекомендуется использовать рецептуру, в которой волокнистым наполнителем будет полипропиленовое волокно размером 2–4 мм.

Для дальнейшего исследования были отсортированы волокна размером, приблизительно равным 3 мм, приготовлена композиция по рецептуре

и технологии, описанной выше. На предприятии ЧПУП «Обувное ремесло» была проведена производственная апробация изготовления подошв обуви. Полученные образцы подошв испытывали по тому же комплексу физико-механических и эксплуатационных свойств, что и материалы. Результаты испытания представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Результаты испытания подошв из вторичного пенополиуретана и полипропиленовых волокон**

Образец	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Твёрдость, усл. ед	Условная прочность, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное остаточное удлинение, %	Сопротивление истиранию, Дж/мм <sup>3</sup>	Сопротивление многократному изгибу, циклов
3 мм	1,03	78–80	4,9–5,05	239–242	18–19	5,9–6,0	30 000
Требование «эталона», для волокнисто-наполненных	не более 1,1	не менее или в пределах 80–95	не менее 5,0	не менее или в пределах 180–300	не более 15–30	не менее 5,9	не менее 20 000

Как видно из таблицы 2 и 3, значения показателей свойств материалов с волокнистым наполнителем размером 2–4 мм и подошв с наполнителем 3 мм схожи между собой и отвечают требованиям эталона.

#### ОЦЕНКА СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ВТОРИЧНОГО ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

Управление качеством продукции, начиная со стадии планирования и заканчивая эксплуатацией, требует знаний свойств, определяющих качество, умения правильно измерять и объективно оценивать важнейшие показатели качества, а также достоверно прогнозировать количественные характеристики свойств продукции. В свою очередь «качество продукции» в соответствии с ГОСТ 15467-79 – это совокупность свойств продукции, обуславливающих её способность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением [10].

Один из способов оценки качества материалов состоит в том, что учитывает аналогии между составом и свойствами исследуемого материала и материала, свойства которого уже известны. Данный способ был взят за основу для оценки качества

исследуемых образцов подошв. В качестве «эталонного материала» выступали нормируемые значения для материалов аналогичной структуры. Для этого проводилась оценка уровня качества полученных материалов с «эталонными» путем сравнения полученных значений показателей физико-механических и эксплуатационных свойств с нормируемыми значениями.

В связи с тем, что нет государственного стандарта с показателями качества материалов и подошв с волокнистым наполнителем, были проанализированы источники, где указаны значения показателей качества. В результате поиска были найдены следующие источники:

- учебное пособие П. С. Карабанова «Полимерные материалы для деталей низа обуви» [11];

- интернет-источник на тему «Ассортимент и качественная характеристика обувных резиновых пластин и деталей» [12].

По найденным значениям, в данных источниках, был выбран аналогичный по структуре, свойствам и технологии изготовления эталонный образец (табл. 4) и были выбраны нормируемые «эталонные» значения.

**Таблица 4 – Нормируемые значения**

	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Твёрдость, усл. ед.	Условная прочность, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное остаточное удлинение, %	Сопротивление истиранию, Дж/мм <sup>3</sup>	Сопротивление многократному изгибу, циклов
Пластины и подошвы с волокнистым наполнителем	1,1	85	5,0	240	23	5,9	20

На основе приведенных данных испытаний рассчитывалось отношение каждого показателя исследуемых материалов к значениям «эталона», эталон принимался за 100 %. Для комплексной оценки качества материалов использовали «многоугольник

качества», для наглядного представления которого данные отображаются в виде лепестковой диаграммы.

На рисунке 4 представлена лепестковая диаграмма для волокнисто-наполненных материалов.

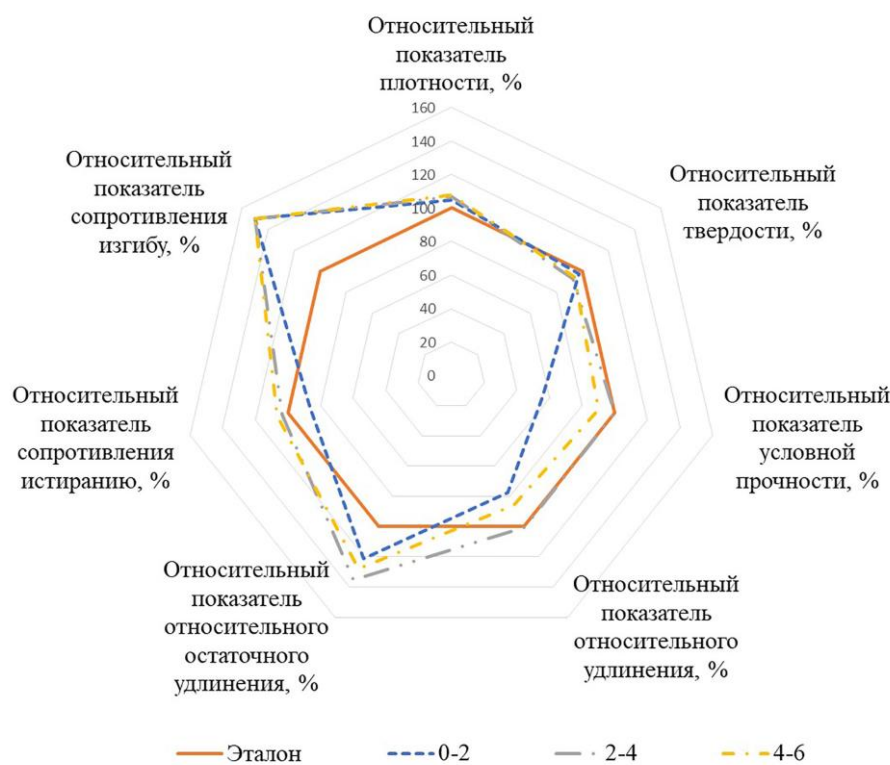


Рисунок 4 – Лепестковая диаграмма для волокнисто-наполненных материалов

Площадь треугольников вычисляется по формуле (1)

$$S = 1/2 \cdot a \cdot b \cdot \sin(\alpha), \quad (1)$$

где  $S$  – площадь треугольника;  $a$  и  $b$  – длина сторон треугольника;  $\alpha$  – угол между сторонами  $a$  и  $b$ .

Комплексная оценка уровня качества образцов есть результат сопоставления площади многоугольника с эталоном, который отражает площадь максимально возможного уровня. Показатель качества в этом случае вычисляется по формуле (2)

$$K = \frac{S_i}{S_{\text{эт}}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $S_i$  – площадь лепестковой диаграммы исследованных образцов;  $S_{\text{эт}}$  – площадь лепестковой диаграммы материалов, взятых за «эталон».

Вычислены значения площадей многоугольников для волокнисто-наполненных материалов, приведенные в таблице 5.

Вычисленные показатели качества приведены в таблице 6 для волокнисто-наполненных материалов.

Таблица 5 – Значения площадей многоугольников волокнисто-наполненных материалов

Показатель	Образцы			Эталон
	0–2 мм	2–4 мм	4–6 мм	
Относительный показатель плотности, %	3998,95	3880,13	3967,77	3909,16
Относительный показатель твердости, %	2137,62	3633,22	3311,29	3909,16
Относительный показатель условной прочности, %	1696,57	3925,45	3019,82	3909,16
Относительный показатель относительного удлинения, %	3667,41	5310,90	4287,40	3909,16
Относительный показатель остаточного относительного удлинения, %	4090,49	5468,14	5333,68	3909,16
Относительный показатель сопротивления истиранию, %	5068,65	6062,51	6261,28	3909,16
Относительный показатель сопротивления изгибу, %	6142,96	6262,24	6323,64	3909,16

Таблица 6 – Значения интегральных показателей для волокнисто-наполненных материалов

Показатель	0-2	2-4	4-6	Эталон
Площадь лепестковой диаграммы	26803	34543	32505	27364
Показатель качества, %	97,95	126,23	118,79	100

Полученные значения показателя качества для исследованных образцов подошв варьируют от 97,95 % до 126,23 %. Согласно данным значениям можно сделать вывод, что материалы с волокнистым наполнителем размером 0–2 мм не в полной мере удовлетворяют требованиям взятого эталона и, следовательно, не рекомендуются для использования в производстве подошв обуви. Образцы с волокнистым наполнителем 2–4 мм и 4–6

удовлетворяют требованиям эталона, однако показатель качества у образца с волокнистым наполнителем 2–4 мм на 7,44 % выше, чем у образца с размером волокнистого наполнителя 4–6 мм.

Методика оценки качества подошв идентична оценке качества материалов.

На рисунке 5 представлена лепестковая диаграмма для волокнисто-наполненной подошвы с полипропиленовым волокном размером около 3 мм.



Рисунок 5 – Лепестковая диаграмма для волокнисто-наполненной подошвы

Площадь треугольников также вычисляется по формуле (1), а комплексная оценка уровня качества по формуле (2).

Площади треугольников для волокнисто-наполненной подошвы с длиной волокнистого наполнителя 3 мм представлена в таблице 7.

Вычисленные показатели качества подошв приведены в таблице 8. Полученное значение показателя качества для исследованного образца подошв с волокнистым наполнителем длиной около 3 мм составляет 151,21 %, что на 51,21 % превышает значения «эталона».

Таблица 7 – Значения площадей многоугольников волокнисто-наполненной подошвы

Показатель	Образец подошвы	Эталон
Относительный показатель плотности, %	3880,13	3909,16
Относительный показатель твердости, %	3633,22	3909,16
Относительный показатель условной прочности, %	3925,45	3909,16
Относительный показатель относительного удлинения, %	4751,86	3909,16
Относительный показатель относительного остаточного удлинения, %	4812,34	3909,16
Относительный показатель сопротивления истиранию, %	9938,54	3909,16
Относительный показатель сопротивления изгибу, %	10437,07	3909,16

Таблица 8 – Значения интегральных показателей для волокнисто-наполненной подошвы

Показатель	Образец подошвы	Эталон
Площадь лепестковой диаграммы	41379	27364
Показатель качества, %	151,21	100

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обувной промышленности образуется большое количество отходов, большинство которых являются безвозвратными и не используются, в связи с этим необходимо их утилизировать. К одному из направлений снижения отходов относится их переработка или так называемое их повторное использование.

Таким образом, был проведён анализ основных ингредиентов для приготовления композиции, определена рецептура и технология изготовления композиционных материалов и подошв с волокнистым наполнителем, проведена промышленная апробация материалов и подошв и исследование их физико-механических и эксплуатационных свойств.

Проведённое исследование показало, что образец с волокнистым наполнителем 0–2 мм имеет неудовлетворительные данные по всем вышеперечисленным показателям. Образец с наполнителем 4–6 мм уступает по показателям «условная прочность», «относительное удлинение», «относительное остаточное удлинение» образцу с наполнителем 2–4 мм; по показателям плотность, твёрдость они практически не отличаются, а по показателю сопротивление истиранию образец 2–4 уступает образцу 4–6 на 4,7 %, что является

незначительным отклонением. В связи с вышесказанным, для дальнейшего исследования были выбраны материалы 2–4 мм и отсортированы волокна размером около 3 мм (как среднее значение интервала длины волокна).

Исследование образцов подошв с волокнистым наполнителем размером 3 мм показало, что их свойства схожи со свойствами материалов (2–4 мм) и отвечают требованиям «эталона».

Комплексная оценка посредством построения лепестковой диаграммы качества или «многоугольника качества» и расчёта интегральных показателей качества, подтвердили данные, полученные при расчёте физико-механических и эксплуатационных свойств. Так, полученные значения показателя качества для исследованных образцов материалов варьируются от 97,95 % до 126,123 %, наилучшим среди них образцом считается образец с размером 2–4 мм. Показатель качества образца подошвы с волокнистым наполнителем размером 3 мм составил 151,21 %, что на 51,21 % лучше «эталона».

Исследование позволило получить полимерный материал, который отвечает требованиям нормативной документации, что позволит использовать его в качестве подошв для повседневной обуви.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чукасова-Ильющкина, Е. В. Применение волокнистых отходов в композиционных строительных смесях / Е. В. Чукасова-Ильющкина, Н. Н. Ясинская, А. Г. Коган // Вестник учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». – 2005. – Вып. 9. – С. 25–28.
2. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения : ГОСТ 30772-2001. – Введ. 01.07.2002. – Минск : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 15 с.
3. О преимуществах нанотехнологий при формировании экологически безопасных композиций для литья низа обуви (Сообщение 1) / В. Т. Порохов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 13. – С. 146–151.
4. Радюк, А. Н. Технология получения волокнисто-наполненных подошв обуви на основе отходов производства / А. Н. Радюк, А. Н. Буркин // Повышение энергоресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности (ISTS «EESTE-2021») : сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, посвященного 110-летию А. Н. Плановского, в рамках Третьего Международного Косыгинского форума «Современные задачи инженерных наук», Москва, 20–21 октября 2021 г. / РАН. – М. : РГУ им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2021. – Т. 1. – С. 367–370.
5. Радюк, А. Н. Получение и свойства композиционных полимерных материалов с волокнистым наполнителем / А. Н. Радюк // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования : материалы V Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, Гомель, 12–14 ноября 2018 г. – Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2018. – С. 27–28.
6. Буркин, А. Н. Переработка твердых отходов обувных предприятий г. Витебска / А. Н. Буркин, К. С. Матвеев, В. К. Смелков. – Витебск : УО «ВГТУ», 2000. – 118 с.
7. Обувные материалы из отходов пенополиуретанов / А. Н. Буркин [и др.]. – Витебск : УО «ВГТУ», 2001. – 173 с.
8. Радюк, А. Н. Технология получения композиций для низа обуви с использованием отходов пенополиуретанов / А. Н. Радюк, М. А. Козлова // Новые материалы, оборудование и технологии в



промышленности : материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Могилев, 24–25 октября 2019 г. – Могилев, 2019. – С. 87.

9. Материалы и технологии получения изделий на основе отходов полиуретанов / А. Н. Радюк [и др.] // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2020. – № 1 (38). – С. 100–112.

10. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения : ГОСТ 15467-79. – Введ. 1979-07-01. – М. : Стандартинформ, 2009. – 21 с.

11. Карабанов, П. С. Полимерные материалы для деталей низа обуви / П. С. Карабанов, А. П. Жихарев, В. С. Белгородский – М. : КолосС, 2008. – 167 с.

12. Ассортимент и качественная характеристика обувных резиновых пластин и деталей. Физико-механические свойства резиновых подошвенных пластин и подошв [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://shoeslib.ru/books/item/f00/s00/z0000006/st020.shtml>. – Дата доступа: 05.01.2022.

## REFERENCES

1. Chukasova-Ilyushkina, E. V. The use of fibrous waste in composite building mixtures / E. V. Chukasova-Ilyushkina, N. N. Yasinskaya, A. G. Kogan // Bulletin of the educational institution "Vitebsk State Technological University". – 2005. – Issue. 9. – P. 25–28.

2. Resource saving. Waste management. Terms and definitions : GOST 30772-2001. – Input. 07/01/2002. – Minsk : IPK Standards Publishing House, 2002. – 15 p.

3. On the advantages of nanotechnology in the formation of environmentally friendly compositions for molding the bottom of shoes (Message 1) / V. T. Porokhov [et al.] // Bulletin of the Kazan Technological University. – 2014. – V. 17, № 13. – P. 146–151.

4. Radyuk, A. N. Technology for obtaining fiber-filled shoe soles based on production waste / A. N. Radyuk, A. N. Burkin // Improving the energy and resource efficiency and environmental safety of processes and apparatuses of the chemical and related industries (ISTS "EESTE-2021") : a collection of scientific papers of the International Scientific and Technical Symposium dedicated to the 110th anniversary of A. N. Planovsky, within the framework of Third International Kosygin Forum "Modern problems of engineering sciences", Moscow, October 20–21, 2021 / RAS. – M. : RGU im. A. N. Kosygina (Technology. Design. Art), 2021. – Vol. 1. – P. 367–370.

5. Radyuk, A. N. Obtaining and properties of composite polymer materials with fibrous filler / A. N. Radyuk // New functional materials, modern technologies and research methods : materials of the V Republican Scientific and Technical Conference of Young Scientists, Gomel, 12–14 November 2018. – Gomel : IMMS NAS of Belarus, 2018. – P. 27–28.

6. Burkin, A. N. Solid waste processing of footwear enterprises in Vitebsk / A. N. Burkin, K. S. Matveev, V. K. Smelkov. – Vitebsk : UO "VGTU", 2000. – 118 p.

7. Shoe materials from polyurethane foam waste / A. N. Burkin [et al.]. – Vitebsk : UO "VGTU", 2001. – 173 p.

8. Radyuk, A. N. Technology for producing compositions for the bottom of shoes using polyurethane foam waste / A. N. Radyuk, M. A. Kozlova // New materials, equipment and technologies in industry : materials of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists, Mogilev, October 24–25, 2019 – Mogilev, 2019. – P. 87.

9. Materials and technologies for obtaining products based on polyurethane waste / A. N. Radyuk [et al.] // Bulletin of the Vitebsk State Technological University. – 2020. – № 1 (38). – P. 100–112.

10. Product quality management. Basic concepts. Terms and definitions : GOST 15467-79. – Input. 1979-07-01. – M. : Standartinform, 2009. – 21 p.

11. Karabanov, P. S. Polymeric materials for shoe bottom parts / P. S. Karabanov, A. P. Zhikharev, V. S. Belgorodsky – M. : KolosS, 2008. – 167 p.

12. Range and quality characteristics of shoe rubber plates and parts. Physical and mechanical properties of rubber sole plates and soles [Electronic resource]. – Access mode: <http://shoeslib.ru/books/item/f00/s00/z0000006/st020.shtml>. – Access date: 01/05/2022.

## SPISOK LITERATURY

1. Chukasova-Il'jushkina, E. V. Primenenie voloknistyh othodov v kompozicionnyh stroitel'nyh smesjah / E. V. Chukasova-Il'jushkina, N. N. Jasinskaja, A. G. Kogan // Vestnik uchrezhdenija obrazovanija "Vitebskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet". – 2005. – Vyp. 9. – S. 25–28.

2. Resursoberezenie. Obrashhenie s othodami. Terminy i opredelenija : GOST 30772-2001. – Vved. 01.07.2002. – Minsk : IPK Izdatel'stvo standartov, 2002. – 15 s.

3. O preimushhestvah nanotehnologij pri formirovanii jekologicheski bezopasnyh kompozicij dlja lit'ja niza obuvi (Soobshhenie 1) / V. T. Porokhov [i dr.] // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2014. – T. 17, № 13. – S. 146–151.

4. Radjuk, A. N. Tehnologija poluchenija voloknisto-napolnennyh podoshv obuvi na osnove othodov proizvodstva / A. N. Radjuk, A. N. Burkin // Povyshenie jenergoresursojektivnosti i jekologicheskoy bezopasnosti processov i apparatov himicheskoy i smezhnyh otraslej promyshlennosti (ISTS "EESTE-2021") : sbornik nauchnyh trudov

Mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo simpoziuma, posvjashennogo 110-letiju A. N. Planovskogo, v ramkah Tret'ego Mezhdunarodnogo Kosygin'skogo foruma "Sovremennye zadachi inzhenernyh nauk", Moskva, 20–21 oktjabrja 2021 g. / RAN. – M. : RGU im. A. N. Kosygina (Tehnologii. Dizajn. Iskusstvo), 2021. – T. 1. – S. 367–370.

5. Radjuk, A. N. Poluchenie i svojstva kompozicionnyh polimernyh materialov s voloknistym napolnitelem / A. N. Radjuk // Novye funkcional'nye materialy, sovremennye tehnologii i metody issledovaniya : materialy V Respublikanskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii molodyh uchenykh, Gomel', 12–14 nojabrja 2018 g. – Gomel' : IMMS NAN Belarusi, 2018. – S. 27–28.

6. Burkin, A. N. Pererabotka tverdyh othodov obuvnyh predpriyatij g. Vitebska / A. N. Burkin, K. S. Matveev, V. K. Smelkov. – Vitebsk : UO "VGTU", 2000. – 118 s.

7. Obuvnye materialy iz othodov penopoliuretanov / A. N. Burkin [i dr.]. – Vitebsk : UO "VGTU", 2001. – 173 s.

8. Radjuk, A. N. Tehnologija poluchenija kompozicij dlja niza obuvi s ispol'zovaniem othodov penopoliuretanov / A. N. Radjuk, M. A. Kozlova // Novye materialy, oborudovanie i tehnologii v promyshlennosti : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii molodyh uchenykh, Mogilev, 24–25 oktjabrja 2019 g. – Mogilev, 2019. – S. 87.

9. Materialy i tehnologii poluchenija izdelij na osnove othodov poliuretanov / A. N. Radjuk [i dr.] // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. – 2020. – № 1 (38). – S. 100–112.

10. Upravlenie kachestvom produkcii. Osnovnye ponjatija. Terminy i opredelenija : GOST 15467-79. – Vved. 1979-07-01. – M. : Standartinform, 2009. – 21 s.

11. Karabanov, P. S. Polimernye materialy dlja detalej niza obuvi / P. S. Karabanov, A. P. Zhiharev, V. S. Belgorodskij – M. : KolosS, 2008. – 167 s.

12. Assortiment i kachestvennaja harakteristika obuvnyh rezinovyh plastin i detalej. Fiziko-mehaničeskie svojstva rezinovyh podoshvennyh plastin i podoshv [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://shoeslib.ru/books/item/f00/s00/z0000006/st020.shtml>. – Data dostupa: 05.01.2022.