

**ПОЛИМЕРНО-ВОЛОКНИСТЫЕ КОМПОЗИТЫ  
НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОРЕЗИНЕННЫХ ТКАНЕЙ**

**POLYMER-FIBER COMPOSITES BASED ON RUBBERIZED FABRICS WASTE**

*Е.Ю. ГАВРИЛЮК, А.А. АЗАНОВА, Р.Р. МУСТАФИНА, А.А. СУХОВА*

*E.YU. GAVRILYUK, A.A. AZANOVA, R.R. MUSTAFINA, A.A. SUKHOVA*

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan national research technological university)

E-mail: GavrilyukEYu@corp.knrtu.ru; AzanovaAA@corp.knrtu.ru;  
MustafinaRR@corp.knrtu.ru; Sukhovaaa@corp.knrtu.ru

*В настоящее время существует проблема утилизации межлекальных отходов прорезиненных тканей, образующихся при производстве средств индивидуальной защиты кожи изолирующего типа, а также самих костюмов с истекшим сроком хранения. Авторами предлагается переработка таких отходов в композиционные материалы путем дробления и скрепления с полимерным связующим. Измельченное сырье в виде крошки разных фракций соединяли с полиуретановой водной дисперсией и формовали методом холодного прессования. При этом варьировали соотношение отходов и связующего, а также степень измельчения крошки и пропорции разных фракций в смеси. Полученные композиционные материалы прошли испытания к воздействию физико-механических факторов в соответствии с общепринятыми методиками. Результаты испытаний подтверждают, что материалы устойчивы к истиранию и замачиванию в воде, обладают фрикционными свойствами. Предложенные полимерно-волокнистые композиты могут использоваться для производства противоскользящих и амортизирующих покрытий и других изделий.*

*Currently, there is a problem of recycling intermediate waste rubberized fabrics formed during the production of skin-insulating personal protective equipment, as well as the expired suits themselves. The authors propose to recycle such waste into composite materials by grinding and gluing with a polymer binder. The crushed raw materials in the form of crumbs of various fractions were mixed with an aqueous dispersion of polyurethane and formed by cold pressing. At the same time, the ratio of waste and binder varied, as well as the degree of crushing of crumbs and the proportions of various fractions in the mixture. The resulting composite materials were tested in accordance with generally accepted methods. The test results confirm that the materials have sufficient resistance to physical and mechanical factors, are resistant to abrasion and soaking in water, and also have frictional properties. The proposed polymer-fiber composites can be used for the manufacture of anti-slip and shock-absorbing coatings and other products.*

**Ключевые слова:** прорезиненные ткани, средства индивидуальной защиты кожи, отходы, композиционный материал, физико-механические характеристики.

**Keywords: rubberized fabrics, personal protective equipment for the skin, waste, composite material, physical and mechanical characteristics.**

В настоящее время в России функционирует большое количество химически потенциально опасных объектов промышленности. Для обеспечения безопасности сотрудников в рамках трудовой деятельности, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций на подобных объектах применяются различные средства индивидуальной защиты, в том числе и средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК) [1]. Значительную долю СИЗК составляют костюмы изолирующего типа, которые производятся из комбинированных прорезиненных тканей с нанесенными покрытиями из полимерных смесей разной природы [2]. Для производителей и потребителей СИЗК в настоящее время существует проблема утилизации и переработки межлекальных отходов, образующихся при производстве, и самих костюмов с истекшим сроком хранения, который составляет 10...12 лет. Поскольку материалы, из которых изготавливают данные СИЗК, обладают относительно большой поверхностной плотностью (400...800 г/м<sup>2</sup>), количество ежегодно образующихся отходов существенно [3]. Хранение и захоронение отходов этих материалов – это неэффективные методы обращения с отходами, оказывающие пагубное влияние на окружающую среду [4]. Они не решают проблему накопления отходов и приводят к загрязнению почвы, воды и воздуха. Более того, при длительном хранении отходы могут выделять токсичные вещества, представляющие угрозу для здоровья человека и экосистем. Поэтому необходимо внедрять более экологически безопасные и эффективные методы: переработку, повторное использование и безопасное сжигание.

Авторами как метод утилизации отходов прорезиненных тканей и изделий с истекшим сроком годности предлагается их дробление с последующим соединением с полимерным связующим и формованием композиционного материала.

В качестве объекта исследования использовались межлекальные отходы производства костюмов СИЗК изолирующего

типа производства АО «КазХимНИИ», г. Казань. Материалы представляют собой полиамидную ткань-основу, с одной или двух сторон покрытую композициями на основе бутилкаучука, СКЭПТ (синтетический каучук этиленпропиленовый тройной), хлорсульфированного полиэтилена и полихлоропрена [5]. Измельченный материал получали дроблением в виде крошки разных фракций в зависимости от размера применяемой решетки с ячейками 5 и 2 мм. В качестве связующего вещества использовали водную полиуретановую дисперсию производства ООО «ПолиМикс Казань». Полиуретановые клеи относятся к малоопасным для здоровья человека веществам. ПУ клей по классификации ГОСТ 12.1.007-76 имеет 4 класс опасности.

С использованием метода холодного прессования созданы композиционные материалы. При их производстве учитывались такие параметры, как:

- соотношение отходов и связующего вещества;
- степень измельчения крошки и пропорции разных фракций в смеси.

На рис. 1 представлены диаграммы с фракционным составом сырья: образец №1 – размер решетки 2 мм, №2 – 5 мм, №3 – 2 и 5 мм.

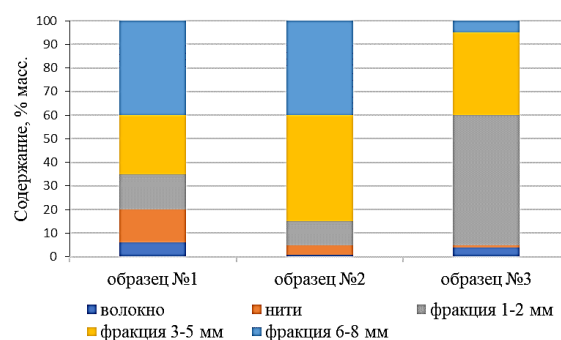





Рис. 1

Полученные материалы прошли испытания в соответствии с общепринятыми методиками. Прочностные показатели определяли на разрывной машине Tenso-Lab 3 (Китай), толщину образцов – с помощью

цифрового толщиномера XHF – 80 (Jinan Xinghua Instruments Co, Китай), фрикционные свойства полученных материалов оценивали по коэффициенту тангенциального сопротивления методом наклонной плоскости [6] при использовании металлической колодки массой 230 г, твердость по Шору А – с помощью дюрометра (твердомера) Х.Ф. (Россия) с аналоговым индикатором. Стойкость к истиранию определяли на универсальном приборе абразивного изнашивания UGT-7012-S при поступательном движении абразива с зерном 20 (J-86 ALO),

за итоговый результат принимали количество циклов, которое требуется для истирания 1 мм толщины образца. Устойчивость к замачиванию в воде оценивали по изменению толщины и прочностных свойств. Внешний вид полученных композиционных материалов и их характеристики представлены в табл. 1. Для сравнения в таблице приведены данные по стандартной резине ТМКЩ-С (тепломорозокислощелочестойкой) с характеристиками из ГОСТ 7338-90.

Т а б л и ц а 1

Характеристика	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец стандартной резины ТМКЩ-С
Внешний вид композиционных материалов на основе отходов прорезиненных тканей				–
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	3361	2602	3135	5360
Толщина, мм	4,4	2,7	3,2	3,0
Коэффициент вариации по толщине, %	8	20	7	1
Разрывное напряжение, кПа	485	941	1128	5000 [7]
Относительное разрывное удлинение, %	6,9	23,5	19,5	300
Количество циклов истирания абразивом (на 1 мм), тыс. циклов	более 10 000	более 10 000	более 10 000	более 10 000
Коэффициент тангенциального сопротивления	0,73	0,51	0,60	0,83
Твердость по Шору А, усл. ед.	71	64	72	58
Устойчивость к замачиванию в воде	устойчив	устойчив	устойчив	устойчив

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что отличия в характеристиках образцов, таких как разрывное напряжение, равномерность по толщине и поверхностная плотность, зависят от соотношения размеров фракций измельченного сырья и связующего вещества. Так, в составе образца 3 преобладает сырье мелкой и средней фракции и практически отсутствуют волокна и нити; соответственно, его разрывное напряжение выше, чем у образцов 1 и 2. Данный факт объяс-

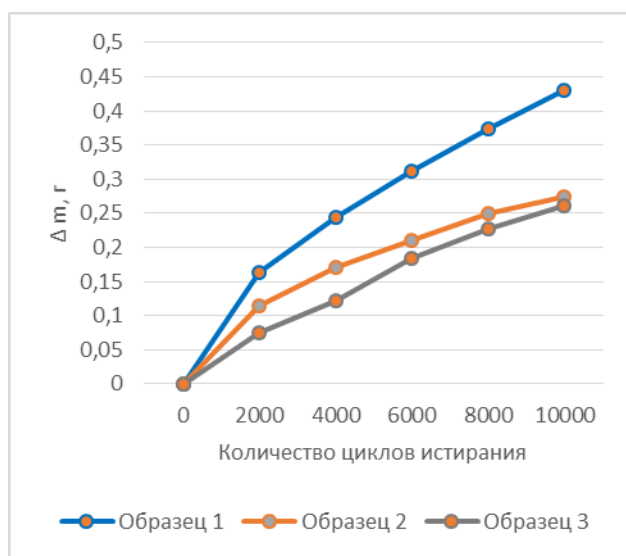
няется большей объемной плотностью материала и скреплением частиц благодаря лучшему заполнению объема частицами сырья разных фракций, это же демонстрируют результаты определения твердости.

Равномерность по толщине также зависит от соотношения фракций отходов, поскольку более крупные частицы могут создавать неравномерности в структуре композиционного материала. Так, в образцах 1 и 3 преобладают частицы мелкой фракции, что повышает их поверхностную плот-

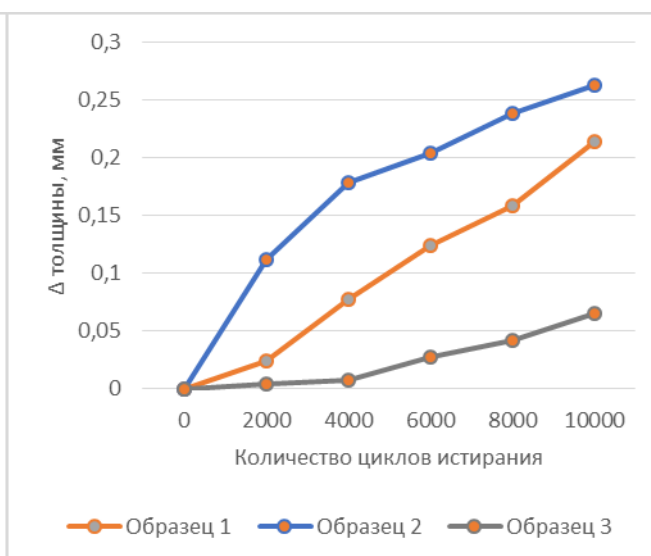
ность и улучшает равномерность по толщине. В свою очередь неравномерность структуры влияет на коэффициент тангенциального сопротивления поверхности материала – полученные материалы характеризуются развитым неравномерным рельефом поверхности. В целом полученные композиционные материалы по свойствам схожи со стандартной резиной, однако ввиду своего строения отличаются более низкой прочностью и растяжимостью.

Проведены испытания полученных материалов на стойкость к истиранию и составлены кривые, показывающие, как изменяется масса и толщина образцов с увеличением числа циклов поступательного трения (рис. 2). Анализ результатов пока-

зал, что масса и толщина образцов уменьшаются прямо пропорционально количеству циклов истирания. Наилучшую устойчивость к истиранию, так же как и наилучшую прочность на разрыв, продемонстрировал образец №3, в рецептуру которого входит крошка, полученная с применением решеток разных размеров. Таким образом, включение крошки различной фракции в состав образцов позволяет получать материал с большим объемным наполнением и соответственно объемной плотностью и может улучшить их устойчивость к истиранию. Вместе с тем в данном случае на износостойкость влияние будет оказывать и количество связующего.



а – кинетическая кривая потери массы образца в процессе истирания



б – кинетическая кривая потери толщины образца в процессе истирания

Рис. 2

## ВЫВОДЫ

По результатам проведенных испытаний сделан вывод о том, что разработанные материалы могут найти применение в качестве противоскользящих и амортизирующих покрытий. Решающим фактором в этом случае будет являться содержание связующего в смеси, что потребует оптимизации рецептур.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Батырев В.В., Живулин Г.А. Основы индивидуальной защиты человека от опасных химических

и радиоактивных веществ. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. 204 с.

2. Сухова А.А. Анализ современных изолирующих материалов и средств индивидуальной защиты кожи на их основе // Вестник Казанского технологического университета. Т. 19. №. 15. 2016, С. 128...130.

3. Гильдеев И.А., Мустафина Р.Р., Азанова А.А., Сухова А.А. Отходы производства СИЗК как сырье для получения композиционных материалов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). Иваново: ИВГПУ, 2022. № 1. С. 112...114.

4. Vinod Kadam, Sajal K. Chattopadhyay, Raja A.S.M., Shakyawar D.B. Waste management in coated and laminated textiles / Book Series. Waste Man-

agement in the Fashion and Textile Industries, Woodhead Publishing, 2021, P. 215...231.

5. <https://казхимнии.рф>

6. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учебник для вузов / под ред. Б.А. Бузова. 4-е изд., испр. М.: Академия, 2010. 448 с.

#### REFERENCES

1. *Batyrev V.V., Zhivulin G.A.* Fundamentals of individual human protection from dangerous chemical and radioactive substances. Moscow: FC VNII GOChS Emercom of Russia, 2016. 204 p.

2. *Sukhova A.A.* Analysis of modern insulating materials and personal protective equipment based on them // Bulletin of the Kazan Technological University, vol. 19, No. 15, 2016, P. 128...130.

3. *Gildeev I.A., Mustafina R.R., Azanova A.A., Sukhova A.A.* Waste from the production of PPE as raw

materials for the production of composite materials // Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX). Ivanovo: IVGPU, 2022. No. 1. P. 112...114.

4. *Vinod Kadam, Sajal K. Chattopadhyay, Raja A.S.M., Shakyawar D.B.* Waste management in coated and laminated textiles / Book Series. Waste Management in the Fashion and Textile Industries, Woodhead Publishing, 2021, P. 215...231.

5. <https://казхимнии.рф>

6. *Buzov B.A., Alymenkova N.D.* Materials science in the production of light industry products (clothing production): textbook for University / Ed. B.A. Buzov. 4th ed., ispr. Moscow: Academy, 2010. 448 pp.

Рекомендована оргкомитетом XX Международной научно-практической конференции «Новые полимерные композиционные материалы». Поступила 01.10.24.