

НОВЫЙ ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ С ТЕПЛООТРАЖАЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ**Р.А. Гришин¹, О.В. Козлова¹, Е.Б. Санжеева²**

¹Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр., 7, Иваново, Российская Федерация, 153000

²АО «Промышленные активы», ул. Талалихина, 41, Москва, Российская Федерация, 109316

E-mail: r.grishin@live.ru, ovk-56@mail.ru, elenasanzheeva1689@mail.ru

Проведен анализ технологий получения теплозащитных тканей, наиболее востребованных при пошиве теплой одежды для охотников, рыболовов, спортсменов, а также при эксплуатации в климатических зонах с повышенными температурами. Выделено несколько факторов, определяющих эффективность теплозащитных свойств материалов: многослойность материалов, правильный выбор полимерно-клеевых композиций, а также наличие дополнительных металлосодержащих слоев. Показана положительная роль покрытий, представляющих собой композиции, включающие полимерное связующее и полые микросферы различной природы.

Для придания повышенных теплозащитных свойств многослойного волокнистого композита авторами предложено вводить в полимерно-клеевую композицию алюмосиликатные микросферы, а с целью получения еще более эффективных теплоотражающих свойств одним из внутренних слоев композита дополнительно введен материал с высокой проводимостью – алюминиевая фольга. Описана технология создания нового композиционного материала, схематично представлена его модель, где в качестве лицевого слоя взята полиэфирная камуфлированная ткань с водоотталкивающими свойствами, в качестве внутреннего изнаночного слоя – флисовое полиэфирное трикотажное полотно. Для скрепления этих слоев использована полимерно-клеевая композиция, наполненная алюмосиликатной микросферой. С помощью специально разработанного авторами прибора, измеряющего разницу температур на поверхности лицевой и изнаночной сторон материала (нагрев которой ведется с использованием тепловой пушки), оценены его теплопроводные свойства, и чем больше разницы температур между слоями, тем теплозащитные свойства выше. Доказан положительный эффект сформированного композита с точки зрения высокого отражения ИК излучений, а, следовательно, маскировки объекта в ночное время суток.

Ключевые слова: теплоотражающий текстиль, ИК ремиссия, маскировка, микросферы, теплозащитные свойства, алюминиевая фольга

NEW TEXTILE MATERIAL WITH HEAT-REFLECTING PROPERTIES**R.A. Grishin¹, O.V. Kozlova¹, E.B. Sanzheeva²**

¹Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheremetevsky ave., 7, Ivanovo, 153000, Russian Federation

²JSC "Industrial Assets", Talalikhina st., 41, Moscow, 109316, Russian Federation

E-mail: r.grishin@live.ru, ovk-56@mail.ru, elenasanzheeva1689@mail.ru

The analysis of technologies for obtaining heat-protective fabrics, which are most in demand when sewing warm clothes for hunters, fishermen, athletes, as well as when used in climate zones with elevated temperatures, is carried out. Several factors determining the effectiveness of heat-protective properties of materials are identified: these are multilayer materials, the correct choice of polymer-adhesive compositions, and the presence of additional metal-containing layers. The positive role of coatings, which are compositions including a polymer binder and hollow microspheres of various natures, is shown.

In order to impart improved heat-shielding properties to the multilayer fibrous composite, the authors proposed to introduce aluminosilicate microspheres into the polymer-adhesive composition, and in order to obtain even more effective heat-reflecting properties, one of the internal layers of the composite was additionally introduced with a material with high conductivity – aluminum foil. The technology of creating a new composite material is described, its model is schematically presented, where polyester camouflage fabric with water-repellent properties is taken as the front layer, and fleece polyester knitted fabric is used as the internal back layer. A specially developed polymer-adhesive composition filled with aluminosilicate microsphere is used to fasten these layers. Using a device specially developed by the authors, the method of measuring the temperature difference on the surface of the front and back sides of the material (heating of which is carried out using a heat gun) was used to evaluate its heat-conducting properties, and the greater the temperature difference between the layers, the higher the heat-protective properties. The positive effect of the formed composite in terms of high reflection of IR radiation, and, consequently, camouflage of the object at night, was proven.

Keywords: heat-reflecting textiles, IR remission, masking, microspheres, heat-shielding properties, aluminum foil

Для цитирования:

Гришин Р.А., Козлова О.В., Санжеева Е.Б. Новый текстильный материал с теплоотражающими свойствами. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2025. Т. LXIX. № 4. С. 41–46. DOI: 10.6060/rcj.2025694.6.

For citation:

Grishin R.A., Kozlova O.V., Sanzheeva E.B. New textile material with heat-reflecting properties. *Ros. Khim. Zh.* 2025. V. 69. N 4. P. 41–46. DOI: 10.6060/rcj.2025694.6.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее перспективных направлений в производстве текстиля является нанесение многофункциональных полимерных покрытий. Свойства этих покрытий определяются назначением текстильного материала и его характеристиками. При использовании одежды в жестких и экстремальных условиях необходимыми свойствами покрытия будут теплозащитные, паропроницаемые, влаго- и воздухопроницаемые.

Создание текстильного материала, который мог бы соответствовать всем современным требованиям, возможно при переходе к функциональным многослойным структурам [1]. Технологии создания многослойных мембранных текстильных материалов на данный момент основаны на использовании либо зарубежных полимерно-клеевых композиций на неводной основе, либо готовых мембранных пленочных материалов и полимерных покрытий на основе полиуретанов, в том числе с применением микрокапсулированных функциональных добавок [2, 3]. Такие материалы наиболее востребованы при пошиве теплой одежды, и основными требованиями для ее комфортного использования являются водо-, теплозащита и паропроницаемость. Помимо вышеперечисленных свойств,

ткань должна быть прочной, устойчивой к мокрому и сухому истиранию, усадке и т.д.

В данной статье подробнее хотелось бы остановиться на термозащитных свойствах, которые особенно востребованы при изготовлении одежды для охотников, рыболовов, спортсменов, а также при эксплуатации в климатических зонах с повышенными температурами.

Для получения термозащитных тканей используют различные виды дублирования волокнистых материалов: сшивание, склеивание, сварка и прессование. В качестве элементов, формирующих многослойную структуру композиционного материала, применяют различные вспомогательные компоненты: пленки, волокна различной химической природы, пеноматериалы, различные клеи и другие наполнители, которые определяют технические свойства композита [4].

На отечественном рынке представлено множество теплоизоляционных материалов, как в виде одежды, так и в виде строительных материалов [5, 6]. Ряд материалов с теплоотражающими свойствами появился и в России. Это так называемые «термофол», «изобабл», «изуран», «пенотерм», «фомисол» [7], в которых в качестве отражающего элемента используется алюминиевая фольга или металлизированная полиэфирная пленка.

Кроме того на отечественном рынке присутствует большое количество композиционных материалов в качестве теплоизоляционных покрытий под марками «Изолат», «Корунд» [8], «Теплос-Топ» [9], «Актерм», «Теплометт», «Теплокрас», «Магнитерм», «Раум Профи», «Альтермо», «Теплокор», «Тезолат», «Керамоизол». Данные покрытия представляют собой композиции, включающие полимерное связующее и полые микросферы различной природы [10]. Способность данных покрытий отражать тепловое излучение объясняется наличием в составе полых стеклосфер, хотя природа теплоотражающей способности описанных микросфер не раскрывается. В некоторых материалах используются силикатные микросферы, заполненные разряженным воздухом, в других – стеклянные или керамические микросферы.

Одной из серьезнейших проблем создания теплоотражающих материалов является необходимость применения клеевых композиций, при выборе которых возникают вопросы о сочетании полимерной основы и клея. Как правило, долговечность теплоизоляции определяется видом и качеством клеевого состава и зависит от условий эксплуатации.

Все более растущий интерес к водным лакокрасочным материалам, в связи с их экологичностью, направил исследования по совершенствованию теплозащитных свойств материалов на основе использования водных дисперсий полимеров. Улучшение теплозащитных свойств тонкослойных покрытий предлагается за счет повышения их теплоотражающей способности. В качестве теплоотражающего компонента авторами теплоизоляционного покрытия [11], предлагается вводить в состав полимерной композиции полые микросферы, покрытые слоем металла: серебра, меди или никеля. Однако трудность реализации данного решения заключается в сложности технологии напыления металлического покрытия на микросферы и в их высокой стоимости.

Более простой способ создания экранирующего слоя предлагается путем нанесения на теплоизоляционный слой из микросфер и связующего слоя алюминиевого пигмента [12]. Однако эта технология требует послойного нанесения двух различных по составу композиций, а алюминиевая паста обладает невысокой отражательной способностью. Поэтому актуальной задачей является не только разработка высокоэффективных композиционных покрытий, но и полное исследование свойств с обоснованием их эффективности.

Ученые из Ивановского химико-технологического университета пошли путем совершенствования уже разработанных ими технологий получения многослойных волокнистых материалов (МВМ) с мембранными свойствами [13-15] и предложили технологию придания таким материалам еще и дополнительно высоких теплозащитных (теплоотражающих) свойств.

В задачи исследований входил анализ существующих методов придания материалам теплозащитных свойств и разработка научно-обоснованного подхода к выбору наполнителей в полимерно-клеевую композицию (ПКК), которые позволят повысить теплозащитные свойства материала, не снижая полученные ранее паропроницаемые свойства и прочность его склейки.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектами исследований явились материалы, используемые для формирования МВМ для тепловой одежды работников МЧС, спасателей, охотников, рыболовов и др. В качестве верхнего слоя одежды использован водостойкий полиэфирный камуфляж, для внутренней ткани выбрано полиэфирное одно- или двухстороннее флисовое трикотажное полотно [16]. Основой клеевой композиции явился полиуретан ароматической природы.

Для придания улучшенных теплозащитных (теплоотражающих) показателей МВМ авторами предложено вводить в ПКК алюмосиликатные микросферы (АСМ). Это полые сферические частицы диаметром от 50 до 250 мкм, с толщиной стенки от 2 до 10 мкм. Благодаря своей инертности стеклосферы не подвержены воздействию воды, растворителей, кислот и щелочей, устойчивы к ним и совместимы с любыми материалами. Низкая теплопроводность и звукопроводимость АСМ позволяет использовать их как эффективный изоляционный материал.

Разрабатываемый материал предназначен для маскировочной одежды с теплозащитными (теплоотражающими) свойствами. Его строение представляет собой многослойный композит, состоящий из лицевой полиэфирной ткани и изнаночного флисового полиэфирного трикотажного полотна, скрепленных посредством специально разработанной ПКК с введением в композицию АСМ. Вид полимерной композиции, наполненной стеклосферой, под микроскопом приведен на рис. 1. Многослойный композит содержит между изнаночным и лицевым материалом в качестве промежуточного слоя теплоотражающую прослойку.

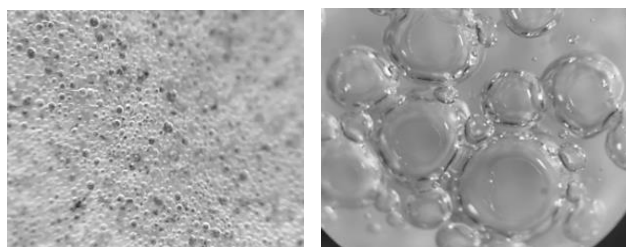


Рис. 1. Вид полимерной композиции, наполненной стеклосферой, под микроскопом с увеличением 40 (слева) и 400 (справа)

Fig. 1. View of a polymer composition filled with a glass sphere under a microscope with a magnification of 40 (left) and 400 (right)

Известно, что электропроводящие материалы такие, как алюминиевая фольга [17], блокируют инфракрасное излучение, являются материалом с высокой проводимостью, поэтому с его применением и создан новый эффективный теплоотражающий материал. Он отражает ИК излучение и позволяет маскировать объект в ночное время суток.

Модель строения маскирующего материала предложена в двух вариантах исполнения – с различием в последовательности нанесения полимерно-клеевых слоев (ПКС) и теплоотражающего слоя (ТОС) (рис. 2). Предпосылками создания такого композиционного материала явились многочисленные работы кафедры по изучению и разработке дублированных волокнистых материалов с маскировочными свойствами, которые маскируют объект при наблюдении и в дневное, и в ночное время [18].

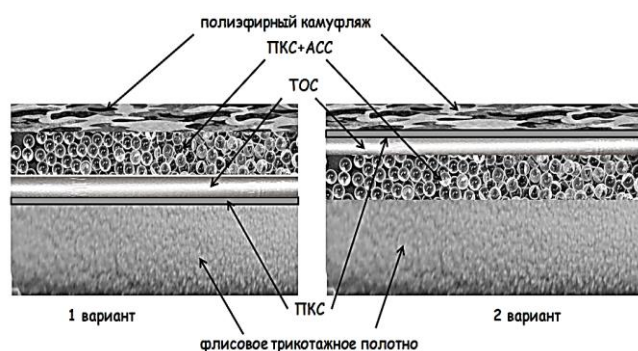


Рис. 2. Модели формирования многослойного материала с теплозащитными свойствами, где: ПКС – полимерно-клеевой слой; АСС – алюмосиликатные стеклосферы; ТОС – теплоотражающий слой

Fig. 2. Models of formation of multilayer material with heat-protective properties, where: PAL – polymer-adhesive layer; AGS – aluminosilicate glass spheres; HRL – heat-reflecting layer

Для экспресс-оценки теплозащитных (теплоотражающих) свойств полученных материалов был смоделирован эксперимент и прибор, включа-

ющий следующие основные элементы: терморегулятор с двумя термодатчиками техметр W1088, камера герметичная, тепловая пушка, контроллер температуры и влажности ZL-7801A. Теплозащитные свойства материала характеризовали по разнице температур лицевой и изнаночной сторон.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка теплопроводности проведена как у исходных материалов, которые в дальнейшем подвергались склеиванию, так и у склеенных материалов при использовании ПКК с различными минеральными наполнителями. Наилучший эффект теплоотражения получен при добавлении в клеевую композицию АСМ. Предположительно, эти наполнители встраиваются в пленку полимера и за счет сферической формы равномерно распределяются и заполняют объем полимера. На рис. 3 видно, что наименьшей теплопроводностью, а, следовательно, большей теплоотражающей от тела способностью, обладает материал, в котором между флисовым внутренним и внешним полиэфирным материалом находится теплоотражающий слой АСС (рис. 2, вариант 2).

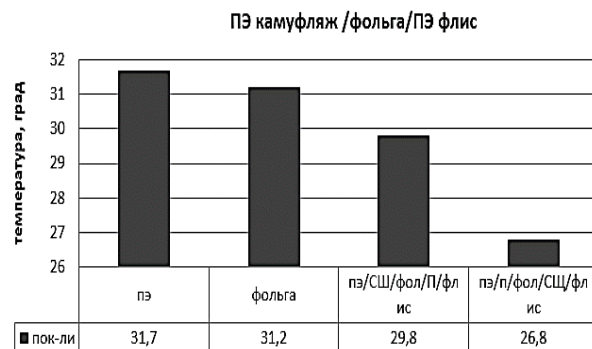


Рис. 3. Влияние строения многослойного материала на температуру лицевой поверхности материалов, где: пэ – полиэфирная ткань; СШ – стеклосфера; П – полимерный слой; фол – Al фольга; фл – флис полиэфирный

Fig. 3. The influence of the structure of a multilayer material on the temperature of the front surface of materials, where: pe – polyester fabric; gs – glass sphere; p – polymer layer; fol – Al foil; fl – polyester fleece

Разработанная технология проста в реализации и основана на использовании оборудования для дублирования (триплирования) текстильных материалов с ракельным (валковым) нанесением загущенной полимерно-клеевой композиции на основе полиуретана ароматической природы, включающей наполнитель АСМ. Формирование слоев осуществляется в зависимости от назначения материала и необходимых теплофизических свойств.

Технология предусматривает в каждом конкретном случае нанесение определенного количества слоев ПКК в различной последовательности, при сочетании различных текстильных материалов, а также видов материалов.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволили предложить технологию создания нового композиционного материала, представляющего собой многослойный пакет, где лицевым слоем является полиэфирная камуфлированная ткань с водоотталкивающими свойствами, внутренним изнаночным – флисовое полиэфирное трикотажное полотно. Для скрепления этих слоев использована специально разработанная полимерно-клеевая композиция, напол-

ненная алюмосиликатной микросферой. Повышение теплоотражающих свойств материала достигается посредством введения дополнительного алюмосодержащего материала между лицевым и изнаночным слоями.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence of a conflict of interest warranting disclosure in this article.

Работа выполнена в рамках Государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW-2023-0008 с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

ЛИТЕРАТУРА

1. Усманова Э.Д., Усманов И.В. // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. С. 91-92.
2. Одинцова О.И., Владимирцева Е.Л., Козлова О.В., Смирнова С.В., Липина А.А., Петрова Л.С., Ерзунов К.А., Константинова З.А., Зимнуров А.Р., Быков Ф.А., Мельников А.Г. // *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 7. С. 173-184. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607.6844j.
3. Липина А.А., Петрова Л.С., Одинцова О.И., Козлова О.В., Владимирцева Е.Л., Смирнова С.В., Ильичева М.Д. // *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2022. Т. 65. Вып. 6. С. 97-104. DOI: 10.6060/ivkkt.20226506.6628.
4. Чижик М.А. // *Проблемы науки*. 2016. № 39. С. 81.
5. Абдулов Р.Р., Хайлов К.В., Исаев М.А. // *Известия ТулГУ. Технические науки*. 2024. Вып. 8. С. 417-423. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-8-417-418.
6. Миронов В.В., Тарасевич К.Е. // *Стройка*. 1991. № 28. С. 15-17.
7. Король Е.А., Харькин Ю.А., Быков Е.Н. // *Вестник МГСУ*. 2010. №3. С. 164-169.
8. Лабунский А.В. // *Механизация строительства*. 2011. № 2 (800). С. 29-30.
9. Рыженков В.А., Прищепов А.Ф., Логинова Н.А., Кондратьев А.П. // *Энергосбережение и водоподготовка*. 2010. №5 (67). С. 58-59.
10. Трофимов А.Н., Косолапов А.Ф. // *АТП – Межотраслевой альманах*. 2014. С. 46-49.
11. Саморядов А.В., Калугина Е.В., Усенко Е.С., Паршиков Ю.Г., Битт В.В. // *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2025. 69(1). С. 80-87. DOI: 10.6060/rcj.2025691.15.
12. Каталог продукции. Реахим. http://www.reachem.ru/catalog/k/kvarc_molotyj_pylevidnyj. (11.04.2025).
13. Гришин Р.А., Зимнуров А.Р., Санжеева Е.Б., Козлова О.В., Одинцова О.И. // *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева)*. 2022. Т. LXVI. №. 2. С. 28-32. DOI: 10.6060/rcj.2022662.5.
14. Зимнуров А.Р., Гришин Р.А., Козлова О.В., Одинцова О.И., Чешкова А.В. // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2023. № 6 (408). С. 129-134.

REFERENCES

1. Usmanova E.D., Usmanov I.V. // *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2014. P. 91-92.
2. Odintsova O.I., Vladimirtseva E.L., Kozlova O.V., Smirnova S.V., Lipina A.A., Petrova L.S., Erzunov K.A., Konstantinova Z.A., Zimmurov A.R., Bykov F.A., Melnikov A.G. // *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 7. P. 173-184. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607.6844j.
3. Lipina A.A., Petrova L.S., Odintsova O.I., Kozlova O.V., Vladimirtseva E.L., Smirnova S.V., Ilyicheva M.D. // *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 6. P. 97-104. DOI: 10.6060/ivkkt.20226506.6628.
4. Chizhik M.A. // *Problems of Science*. 2016. N 39. P. 81.
5. Abdulov R.R., Khailov K.V., Isaev M.A. // *Bulletin of Tula State University. Technical sciences*. 2024. N 8. P. 417-423. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-8-417-418.
6. Mironov V.V., Tarasevich K.E. // *Stroyka*. 1991. N 28. P. 15-17.
7. Korol E.A., Kharkin Yu.A., Bykov E.N. // *Bulletin of MGSU*. 2010. N 3. P. 164-169.
8. Labunsky A.V. // *Mechanization of construction*. 2011. N 2 (800). P. 29-30.
9. Ryzhenkov V.A., Prishchepov A.F., Loginova N.A., Kondratyev A.P. // *Energy saving and water treatment*. 2010. N 5 (67). P. 58-59.
10. Trofimov A.N., Kosolapov A.F. // *ATP – Interindustry almanac*. 2014. P. 46-49.
11. Samoryadov A.V., Kalugina E.V., Usenko E.S., Parshikov Yu.G., Bitt V.V. // *Ros. Khim. Zh.* 2025. 69(1). P. 80-87. DOI: 10.6060/rcj.2025691.15.
12. Product catalog. Reakhim. http://www.reachem.ru/catalog/k/kvarc_molotyj_pylevidnyj (11.04.2025).
13. Grishin R.A., Zimmurov A.R., Sanzheeva E.B., Kozlova O.V., Odintsova O.I. // *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. LXVI. N 2. P. 28-32. DOI: 10.6060/rcj.2022662.5.
14. Zimmurov A.R., Grishin R.A., Kozlova O.V., Odintsova O.I., Cheshkova A.V. // *Technology of the textile industry*. 2023. N 6 (408). P. 129-134.

15. Зимнуров А.Р., Гришин Р.А., Козлова О.В. // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*. 2023. № 1. С. 92-95.
16. Никалин Д.М., Сердцелюбова А.С., Меркулова Ю.И., Козлова А.А. // *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2020. Т. 63. № 2. С. 10-16. DOI: 10.6060/rcj.2019632.2.
17. Тарасов А.М., Новиков Д.В., Горелов Д.В., Генералов С.С., Амеличев В.В. // *Фотоника*. 2023. Т. 17. № 6. С. 488-496. DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2023.17.6.488.496.
18. Полушин Е.Г., Козлова О.В., Одинцова О.И. // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2019. №6. С. 154-158.
15. Zimnurov A.R., Grishin R.A., Kozlova O.V. // *Physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials (SMARTEX)*. 2023. N 1. P. 92-95.
16. Nikalin D. M., Serdtselyubova A. S., Merkulova Yu. I., Kozlova A. A. // *Ros. Khim. Zh.* 2020. V. 63. N 2. P. 10-16. DOI: 10.6060/rcj.2019632.2.
17. Arasov A.M., Novikov D.V., Gorelov D.V., Generalov S.S., Amelichev V.V. // *Photonics*. 2023. V. 17. N 6. P. 488-496. DOI:10.22184/1993-7296.FRos.2023.17.6.
18. Polushin, E.G., Kozlova O.V., Odintsova O.I. // *Technology of the textile industry*. 2019. N 6. P. 154-158.

Поступила в редакцию 09.07.2025
Принята к опубликованию 07.10.2025

Received 09.07.2025
Accepted 07.10.2025