

УДК 687.1:542.8+612.5

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF COMPOSITE  
HEAT-RETAINING MATERIALS**

*И.Ю. БЕЛОВА, О.В. МЕТЕЛЕВА, А.Е. ГАЛКОВ, Ю.А. ШАММУТ*

*I.YU. BELOVA, O.V. METELEVA, A.E. GALKOV, YU.A. SHAMMUT*

**(Ивановский государственный политехнический университет)**

**(Ivanovo State Polytechnical University)**

E-mail: belovairina2012@mail.ru; olmet07@yandex.ru; shammut@yandex.ru

*Представлены результаты создания новых теплоаккумулирующих материалов. Исследовано влияние металлонапыления на изменение эксплуатационных и гигиенических свойств материалов. Измерены их теплоемкость и коэффициент отражения. Изготовлена одежда с подкладкой из металлизированной ткани и композиционного материала с элементами Пельтье. Исследована эффективность тепловой защиты этих изделий.*

*Results of creation of new heat-retaining materials are presented. Influence of metal dusting on change of operational and hygienic properties of materials is investigated. Their thermal capacity and coefficient of reflection are measured. The clothes lined are made of the metallized fabric and composite material with Peltier's elements. The efficiency of thermal masking of these products is investigated.*

**Ключевые слова:** многослойные материалы, энергоэкранирование, металлонапыление, теплозащитные свойства, теплоемкость, коэффициент отражения, элемент Пельтье.

**Keywords:** multilayer materials, energy shielding metal dusting, heat-shielding properties, heat capacity, reflection coefficient, Peltier's element.

Использование современных защитных материалов при производстве товаров народного потребления – одно из актуальных направлений повышения качества швейных изделий и их эксплуатационной эффективности [1]. Анализ решений, направленных на

разработку материалов для тепловой маскировки, показал, что покрытие текстильных материалов металлами – наиболее распространенный способ энергоэкранирования. Такие свойства металлов, как высокая теплопроводность и блеск, оказывают су-

ществительное влияние на способность тканей отражать тепловое и световое излучение. Из всех существующих способов металлизации текстильных материалов наиболее эффективным, обеспечивающим устойчивость металлизированного покрытия к внешним факторам воздействия окружающей среды и средствам ухода, признана технология ионно-плазменного распыления металлов, реализуемая в глубоком вакууме и позволяющая наносить на ткани тонкие пленки металлов и их сплавов, а также соединения некоторых металлов с кислородом или азотом [2].

В работах [3...5] представлены технологии получения новых композиционных материалов для изготовления швейных изделий, предназначенных для тепловой маскировки (экранирования инфракрасного излучения). Структура разработанных многослойных материалов с металлонапылением представлена на рис. 1 (1 – текстильный материал на основе полиэфирных волокон и нитей с водоотталкивающей пропиткой и специальной камуфлирующей раскраской, 2 – микропористый мембранный слой, 3 – металлизированный слой).

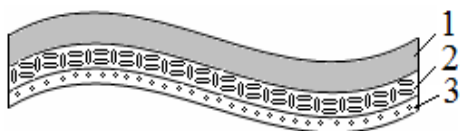


Рис. 1

Целью исследований являлась оценка эффективности применения разработанных материалов для тепловой маскировки (экранирования инфракрасного излучения) при производстве теплозащитных и теплоаккумулирующих изделий для людей, работающих в низкотемпературных климатических условиях.

В качестве основы разработанных материалов использованы плащевые материалы из синтетических нитей с полимерным водозащитным покрытием: Taffeta 190B, САВУАР (Saviour), PolyProtect 190A, арт. 80412, Оксфорд 600, арт. 84478.

Микропористый мембранный термопластичный полиуретановый слой с размером пор  $1,3...1,6 \cdot 10^{-6}$  м обладает высокими адгезионными свойствами к текстильному материалу, обеспечивает надежное соединение металлизированного слоя с текстильной основой.

Метод магнетронного распыления металлов реализован в глубоком вакууме (порядка  $5 \cdot 10^{-5}$  мм рт.ст.) на специальной промышленной установке УМН-180 (Ивтехмаш). Металлизированный слой из нитрида титана толщиной до 100 нм ( $1...2$  г/м<sup>2</sup>) наносился на материал с изнаночной стороны.

Физико-механические и гигиенические свойства материалов оценивали до и после металлонапыления: разрывную и раздирающую нагрузку по основе и утку – по ГОСТ 3813–72 (ИСО 5081–77, ИСО 5082–82); паропроницаемость – по ГОСТ Р 12.4.287–2013; воздухопроницаемость – по ГОСТ 12088–77; водоупорность – по ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81); стойкость к истиранию – по ГОСТ 18976–73; теплоемкость – по ГОСТ Р 55134–2012; спектры отражения получены с помощью спектрофотометра Cary 300 UV-Visible (Австралия). Для оценки показателя тепловой маскировки изделий из разработанных материалов проведены термографические исследования, выполненные с помощью тепловизора марки Нес ТН 9100, обеспечивающего возможность проведения измерений в спектральном диапазоне 8...14 мкм при рабочем диапазоне температур  $-15...+50$  °С и сопровождаемого программным обеспечением, которое позволяет проводить статистическую обработку данных.

Данные проведенных экспериментальных исследований влияния металлонапыления на изменение физико-механических показателей свойств текстильных материалов до и после металлизации, представленные в табл. 1, показывают, что металлонапыление практически не влияет на изменение основных эксплуатационных показателей свойств текстильных материалов.

Наименование показателя, ед. изм.	Артикул материала				
	Taffeta 190B	CABУAP (Saviour)	PolyProtect 190A, арт. 80412	Оксфорд 600	Арт. 84478
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	100% ПЭ			67% ПЭ 33% Вис.	
	Значение показателя до/после металлонапыления				
Волокнистый состав	85/87	160/162	185/187	220/223	248/250
Разрывная нагрузка, Н:					
- по основе	820/835	965/1078	1050/1010	1350/1355	1300/1350
- по утку	790/785	710/735	665/700	1220/1230	860/875
Раздирающая нагрузка, Н:					
- по основе	40/40	35/55	63/65	70/75	40/45
- по утку	55/60	35/55	70/80	65/60	40/45
Паропроницаемость, г/м <sup>2</sup> ·ч	305/272	420/255	142/110	128/103	155/92
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с	30,5/26	45/35	40/38	10,5/9,5	18/16
Водоупорность, мм вод. ст.	-	-	335/342	360/370	200/125
Стойкость к истиранию, циклы	2500/2550	3800/4200	5000/5130	6350/6420	10050/10100

На рис. 2 и 3 представлены сравнительные данные исследований теплоемкости и отражающей способности текстильных материалов до и после их модификации. Результаты исследований теплоемкости, важного теплофизического свойства материалов для одежды, определяющего их тепловую инерцию, позволяют констатировать, что металлонапыление приводит к снижению результирующего показателя теплоемкости на 10...12% (рис. 2), так как теплоем-

кость металлов ( $C_p=0,46-0,93\text{кДж/кг}\cdot\text{К}$ ) на порядок ниже теплоемкости текстильных материалов ( $C_p = 0,96...2,26\text{кДж/кг}\cdot\text{К}$ ) [6]. Коэффициент отражения текстильных материалов при нанесении слоя металла увеличивается в 5...10 раз (рис. 3), что будет способствовать сохранению тепла в межодержном пространстве. На величину коэффициента отражения влияет структура текстильного материала, а также толщина наносимого металлизированного слоя.

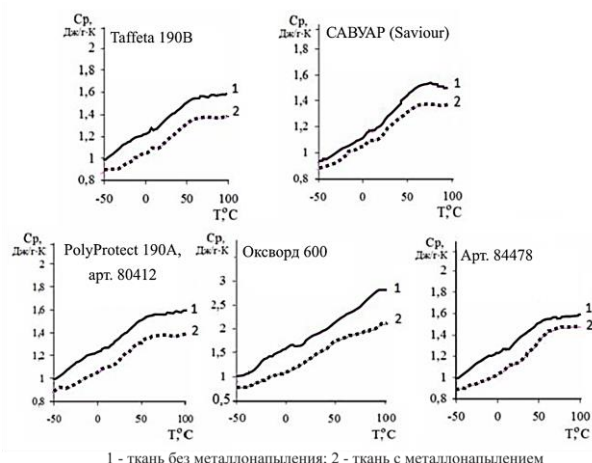


Рис. 2

Для управления уровнем теплозащитной способности одежды предложена структура теплоаккумулирующего композиционного материала (рис. 4), в который между внутренним 1 (полиэфирный текстильный материал пористой структуры) и внешним

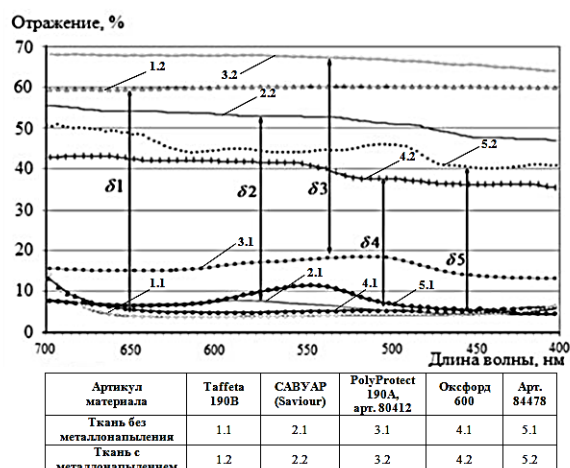


Рис. 3

2 (полиэфирный текстильный материал с водоотталкивающей пропиткой) слоями с металлонапылением 3 с изнаночной стороны, склеенными двусторонним липким материалом, встроена система термостатирования, представленная термоэлектрическими

преобразователями – элементами Пельтье 4, соединенными в цепь последовательно или параллельно. Элементы Пельтье соединены внешним и внутренним слоями посредством двустороннего липкого материала и расположены на равном расстоянии друг от друга с напуском из внешнего слоя с образованием ячеек воздушных зазоров [5].

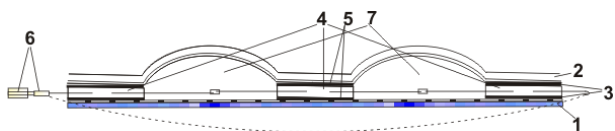


Рис. 4

Элемент Пельтье – термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого базируется на эффекте Пельтье, заключающемся в возникновении разности температур при протекании электрического тока через контакт двух токопроводящих материалов с разными уровнями энергии электронов в зоне проводимости. Электрический ток, подаваемый от источника питания 6, переносит тепло с одной стороны элемента Пельтье 4 на противоположную. Таким образом, одна сторона элементов Пельтье всегда будет иметь более низкую температуру, чем другая. В результате создается разность температур между внешней и внутренней поверхностями материала. Температурная разница зависит от величины подаваемого напряжения, которую можно менять регулятором подводимой мощности электрического тока. Металлическое покрытие, благодаря высоким теплопроводящим свойствам металлов, способствует выравниванию и поддержанию температуры на "горячей" и "холодной" стороне композиционного материала по всей его поверхности. Благодаря пористой структуре внутреннего слоя композиционного материала тепло, передаваемое непосредственно от "горячей" стороны элементов Пельтье, а также тепло, образуемое в результате термопреобразования и накапливаемое в ячейках воздушной прослойки, создаваемых "избытком" текстильного материала внешнего слоя, концентрируется во внутреннем слое композиционного материала, но его пористая структура этому не

препятствует, и теплый поток воздуха будет постепенно, по мере его накапливания, двигаться в сторону более холодного воздуха (пододежного пространства). Тепло, свободно выходящее из композиционного материала внутрь одежды через пористый материал внутреннего слоя, обеспечивает дополнительный обогрев биологического объекта в холодное время года, обеспечивая ему комфортные микроклиматические условия. Теплопроводные свойства металла слоя металлонапыления способствуют выравниванию температурного поля по всей поверхности. Регулятор подводимой мощности электрического тока позволяет увеличивать и уменьшать величину электропитания элементов Пельтье, что обеспечивает изменение разности температур на "горячей" и "холодной" стороне элементов Пельтье в зависимости от температуры окружающей среды, и, как следствие, регулировать интенсивность теплоотдачи композиционного материала.

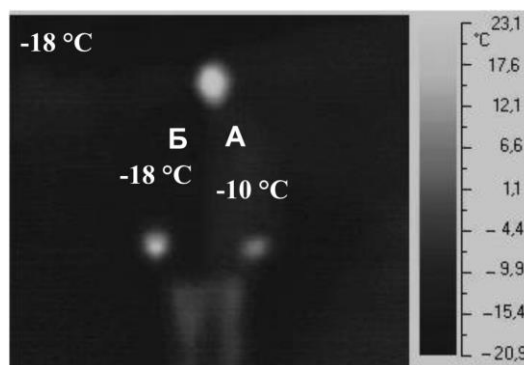


Рис. 5

Для оценки эффективности теплозащиты одежды с применением разработанных материалов были изготовлены экспериментальные образцы курток. В образцах подкладка левой стороны (А) куртки была заменена на подкладку с металлизированным покрытием. Правая сторона (Б) образцов курток была усилена жилетом, изготовленным из теплоаккумулирующего композиционного материала (рис. 5). Использование разработанных материалов обеспечивает повышение теплозащитных свойств одежды. Испытания утепленных курток, проведенные при температуре окружаю-

щего воздуха  $-18^{\circ}\text{C}$ , показали, что на поверхности левой стороны ее (имеет подкладку с металлизированным покрытием) достигается температура  $-8...-10^{\circ}\text{C}$ , в то время как поверхность правой стороны изделия имеет температуру  $-16...-18^{\circ}\text{C}$ .

## ВЫВОДЫ

1. Представлены новые композиционные материалы, полученные с применением металлонапыления и включения во внутреннюю структуру теплоаккумулирующих элементов, предназначенные для производства теплозащитной и тепломаскирующей одежды.

2. Установлено, что металлонапыление на внутреннюю сторону ткани практически не влияет на изменение основных эксплуатационных показателей свойств текстильных материалов, одновременно снижая их теплоемкость и повышая отражающую способность.

3. Показано, что изготовление одежды из новых теплозащитных материалов эффективно повышает теплоаккумулирующие ее свойства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Метелева О.В. Теоретическое обоснование эффективного применения химических материалов при изготовлении защитных швейных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С. 109...113.

2. Горберг Б.Л., Иванов А.А., Стегнин В.А., Рыбкин В.В., Титов В.А. Перспективы использования метода магнетронного распыления для изготовления текстильных материалов со специальными поверхностными свойствами // Рынок легкой промышленности. – 2007, № 48.

3. Пат. 2403328 Российская Федерация, МПК D03D11/00. Материал, отражающий инфракрасное излучение / Б.Л. Горберг, В.В. Веселов, И.Ю. Белова, Д.М. Васильев, С.В. Королева; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "Ивановская государственная текстильная академия" (ИГТА) - № 2009117931/12; заявл. 12.05.2009; опубл. 10.11.2010.

4. Пат. 2541278 Российская Федерация МПК А41D31/00, А62В17/00. Композиционный материал, экранирующий инфракрасное излучение / И.Ю. Белова, Ф.Н. Ясинский, А.В. Мещерский; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "Ивановский государственный политехнический университет" (ИВГПУ) – № 2013147361/12; заявл. 23.10.2013; опубл. 10.02.2015.

5. Белова И.Ю., Тихонов А.И. Расчет системы термостатирования термоэкранирующего плаща с элементами Пельтье // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 3. С.154...158.

6. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1980.

## REFERENCES

1. Meteleva O.V. Teoreticheskoe obosnovanie effektivnogo primeneniya khimicheskikh materialov pri izgotovlenii zashchitnykh shveynykh izdeliy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 4. S. 109...113.

2. Gorberg B.L., Ivanov A.A., Stegnin V.A., Rybkin V.V., Titov V.A. Perspektivy ispol'zovaniya metoda magnetronnogo raspyleniya dlya izgotovleniya tekstil'nykh materialov so spetsial'nymi poverkhnostnymi svoystvami // Rynok legkoй promyshlennosti. – 2007, № 48.

3. Пат. 2403328 Rossiyskaya Federatsiya, MPK D03D11/00. Material, otrazhayushchiy infrakrasnoye izlucheniye / B.L. Gorberg, V.V. Veselov, I.Yu. Belova, D.M. Vasil'ev, S.V. Koroleva; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO "Ivanovskaya gosudarstvennaya tekstil'naya akademiya" (IGTA) - № 2009117931/12; zayavl. 12.05.2009; opubl. 10.11.2010.

4. Пат. 2541278 Rossiyskaya Federatsiya MPK A41D31/00, A62B17/00. Kompozitsionnyy material, ekraniruyushchiy infrakrasnoye izlucheniye / I.Yu. Belova, F.N. Yasinskiy, A.V. Meshcherskiy; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO "Ivanovskiy gosudarstvennyy politekhnicheskiy universitet" (IVGPU) – № 2013147361/12; zayavl. 23.10.2013; opubl. 10.02.2015.

5. Belova I.Yu., Tikhonov A.I. Raschet sistemy termostatirovaniya termoeckraniruyushchego plashcha s elementami Pel't'e // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, № 3. S. 154...158.

6. Livshits B.G., Kraposhin V.S., Linetskiy Ya.L. Fizicheskie svoystva metallov i splavov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Metallurgiya, 1980.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 16.12.19.