

targeted analysis research and chemical safety evaluations at the US EPA. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 2017

5. *F. Masmoudi, F. Fenouillot, A. Mehri, M. Jaziri, E. Ammar* Characterization and quality assessment of recycled post-consumption polyethylene terephthalate (PET). *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* 25, 23307–23314, 2018.

6. *B.J. Brüschweiler, S. Küng, D. Bürgi, L. Mural, E. Nyfeler* Identification of nonregulated aromatic amines of toxicological concern which can be cleaved from azo dyes used in clothing textiles. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 69, 263–272, 2014

7. *G. Luongo, F. Iadaresta, E. Moccia, C. Ostman, C. Crescenzi* Determination of aniline and quinoline compounds in textiles, 2016

8. *W.B. Salter, Lovingood, D.D. Creasy, W. Owens.* Analysis of vaporous contaminants including low-volatility analytes permeating textiles at room temperature using headspace solid-phase microextraction, 2016

9. *Xue, J., Liu, K. Kannan* Bisphenols, benzophenones, and bisphenol A diglycidyl ethers in textiles and infant clothing. *Environ. Sci. Technol.* 51, 5279–5286, 2017.

10. European Food Safety Authority and World Health Organization. Review of the Threshold of Toxicological Concern approach and development of new TTC decision tree. *EFSA Supporting Publications* 13, 1006E, 2016

11. *S.Koster, M. Rennen, W. Leeman, G. Houben, B. Muilwijk* A novel safety assessment strategy for non-intentionally added substances in carton food contact materials. *Food Addit. Contam. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment* 31, 422–443, 2014

© Иргашева А.Ш., Чагина Л.Л., Кузнецов А.А., 2023

УДК 677.017

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ
КОМПЛЕКСНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
С МЕМБРАНОЙ
STUDY OF THERMAL INSULATION PROPERTIES
OF COMPLEX TEXTILE MATERIALS WITH MEMBRANES**

**Панкевич Д.К., Лисовская Л.Л.
Pankevich D.K., Lisovskaya L.L.**

*Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus, Vitebsk*

(e-mail: dashapan@mail.ru)

Аннотация. Исследованы теплоизоляционные свойства комплексных текстильных материалов для спортивной экипировки велосипедиста. Выявлено, что параметры структуры исследуемых материалов влияют на значения суммарного теплового сопротивления. Показано, что большим тепловым сопротивлением обладают материалы большей толщины, с плотным тканым лицевым слоем и подворсовкой изнаночного слоя. Значения суммарного теплового сопротивления образцов сопоставимы с многослойными пакетами одежды, что позволяет использовать комплексные материалы для изготовления легкой и комфортной спортивной экипировки с минимальными затратами на процесс изготовления одежды.

Abstract. The thermal insulation properties of complex textile materials for sports cyclist's outfit have been investigated. It has been revealed that the structure parameters of the studied materials influence the values of total thermal resistance. It is shown that materials of greater thickness, with a dense woven front layer and a lined back layer have greater thermal resistance. The values of total thermal resistance of the samples are comparable to multilayer clothing packages, which allows using complex materials for making lightweight and comfortable sports outfit with minimum costs of the clothing manufacturing process.

Ключевые слова: одежда, тепловое сопротивление, комплексный материал, мембрана, пакет материалов.

Keywords: clothing, thermal resistance, complex material, membrane, material package.

Развитие идей здорового образа жизни и активного отдыха обусловило рост потребительского спроса на комфортную одежду, защищающую человека от воздействия неблагоприятных погодных условий. Современный уровень развития легкой промышленности позволяет создавать удобную одежду, защищающую от пониженных температур, ветра и дождя, не препятствующую потоотделению. Особенно удобна такая одежда для занятий спортом на открытом воздухе.

Для изготовления легкой и комфортной спортивной одежды сегодня применяют комплексные материалы с мембраной. Согласно классификации материалов, представленной в источнике [1], комплексные материалы относятся к классу композиционных слоистых материалов и представляют собой объемное сочетание текстильных полотен и тонкой растяжимой полимерной пленки – мембраны, обладающей способностью пропускать пары влаги, но препятствовать проникновению воды и потока воздуха. Как правило, полимерная мембрана расположена между текстильными слоями. Вариативность состава и структуры текстильных полотен, полимерных мембран и способов скрепления слоев комплексного материала между собой открывает возможности получения широчайшего ассортимента новых многофункциональных материалов.

Исследование свойств новых материалов является актуальной задачей материаловедения, поскольку является необходимым звеном, логически связывающим эпоху прогнозирования свойств материалов с перспективой точного расчета заданного уровня их свойств. В данной работе внимание сосредоточено на исследовании влияния структурных параметров комплексного материала на уровень его теплоизоляционных свойств, оцениваемый показателем суммарного теплового сопротивления, для разработки рекомендаций по пакету материалов спортивной экипировки.

В качестве объектов исследования выбраны материалы для изготовления экипировки спортсмена-любителя, использующего средства экологичной городской мобильности (велосипед, самокат, сегвей и т.п.), которая эксплуатируется в широком диапазоне температуры и влажности. Эта одежда должна защищать от воздействия атмосферных осадков, ветра, обеспечивая комфортный микроклимат пространства под одеждой в определенном диапазоне температуры и влажности наружного воздуха в условиях добавленной скорости движения воздуха при скоростном перемещении мобильного средства. В

относительно холодное время года (сентябрь–май), когда защита от ветра, дождя и пониженной температуры особенно необходима, диапазон температур наружного воздуха в Республике Беларусь составляет от $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2]. Учитывая охлаждающую способность ветра и среднюю рекомендуемую скорость движения экологичного мобильного средства (до 15 км/ч), диапазон температур наружного воздуха следует скорректировать и принимать соответственно от $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3, Приложение D].

Структурные характеристики образцов исследованы с помощью растрового электронного микроскопа VEGA II LSH методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Изображение структуры материалов представлено на рисунке 1.

Лицевая сторона образцов № 1 и № 2 – трикотажное полотно переплетения ластик 1+1, выработанное из комплексных текстурированных нитей. Мембранный слой обоих образцов выполнен из полиэфируретана и получен методом электроформования, соединен с текстильными слоями точно по опорным поверхностям петель. Изнаночная сторона образца № 1 – трикотажное полотно, выработанное из комплексных текстурированных нитей двуластичным переплетением с подворсовкой. Изнаночная сторона образца №2 – трикотажное полотно, выработанное из комплексных текстурированных нитей одинарным комбинированным (сочетание поперечносоединенного и плюшевого) переплетением.

Образцы № 3, № 4 и № 6 имеют похожую структуру, но лицевая сторона этих материалов является тканью полотняного переплетения. Мембранный слой – полиэфируретановый, такой же по способу получения и структуре, как у образцов № 1 и № 2. Изнаночная сторона образцов № 4 и № 6 – трикотажное полотно, выработанное из комплексных текстурированных нитей двуластичным переплетением с подворсовкой, изнаночная сторона образца № 3 – трикотажное полотно, выработанное из комплексных текстурированных нитей одинарным комбинированным (сочетание поперечносоединенного и плюшевого) переплетением.

Образец № 5 – наиболее тонкий из всех исследуемых образцов, он содержит иную по способу производства полимерную мембрану. Мембрана образца № 5, в отличие от мембран остальных образцов, практически не содержит пор. Лицевая сторона материала – трикотажное полотно переплетения ластик 1+1, выработанное из комплексных текстурированных нитей, изнаночная сторона – основовязаное трикотажное полотно, выработанное гладким платированным переплетением.

Исследование параметров структуры материалов проведено по стандартным методикам в текстильной лаборатории испытательного центра УО «ВГТУ». Для исследования теплоизоляционных свойств комплексных материалов применяли методику, описанную в источнике [4]. В основу методики положен принцип нестационарного теплового режима. Его сущность заключается в определении времени охлаждения нагретого тела, изолированного от окружающей среды исследуемым материалом. Для проведения испытания были подготовлены пробы из исследуемых материалов и из трикотажного

хлопчатобумажного полотна (моделирование нательного белья) в виде прямоугольных конвертов размером (200×150) мм. Нагревательный элемент (вольфрамовый цилиндр длиной 12 см и диаметром 2 см с удельной теплоемкостью 134 Дж/кг·°С.) вместе с датчиком температуры помещали внутрь прямоугольных конвертов из хлопчатобумажного полотна и исследуемого материала, «одетых» один на другой, и запаковывали с помощью зажима. Затем исследуемый объект закрепляли на стойке в климатической камере YTN-408-40-IP. Опыт проводили при температуре –7 °С (среднее значение скорректированного с учетом охлаждающей способности ветра диапазона температур эксплуатации материалов). После создания необходимых условий в климатической камере цилиндр нагревали до 60 °С с помощью источника питания GW Instek GPS-73030DD. Изменение температуры отслеживали с помощью цифрового регистратора температуры производства «EuroPribor». После этого источник питания отключали, для выравнивания температурного поля цилиндр охлаждали до температуры 55 °С, после чего включали секундомер и определяли время охлаждения цилиндра до температуры 45 °С. Суммарное тепловое сопротивление образца $R_{\text{сум}}$ (м²·°С/Вт) вычисляли по формуле, предложенной в источнике [4].

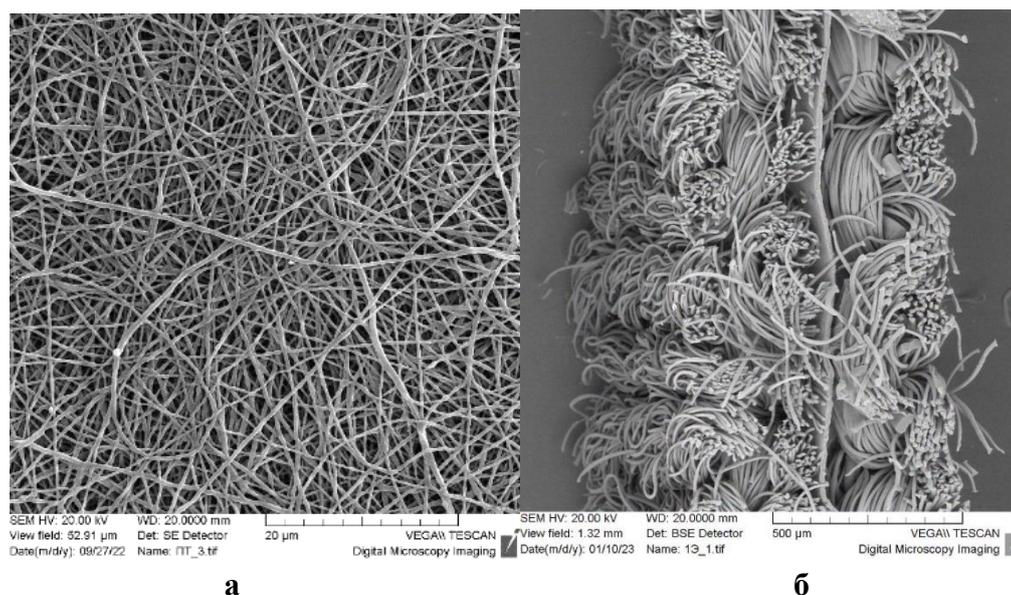


Рисунок 1 – Данные СЭМ образца № 1: поверхность мембраны (а), поперечный срез (б)

Полученные данные теплового сопротивления сравнивали со справочными данными, опубликованными П.А. Колесниковым в источнике [5] и данными ГОСТ Р ИСО 11079-2015 «Эргономика термальной среды. Определение холодного стресса и его интерпретация на основе показателей требуемой термоизоляции одежды и локального охлаждающего воздействия» [3]. Согласно источнику [5], значения теплового сопротивления материалов для одежды должны быть сопоставлены не только с условиями окружающей среды, но и с энергозатратами человека-носчика при различной активности

(таблица 1). Результаты исследования структурных характеристик и теплового сопротивления пакета материалов представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Требуемое суммарное тепловое сопротивление, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, для двухчасового пребывания на открытом воздухе [5]

Температура наружного воздуха	Уровень физической активности		
	низкий	средний	выше среднего
0°С	0,37	0,28	0,2
-15°С	0,57	0,43	0,33

Таблица 2 – Результаты исследования структурных характеристик и теплоизоляционных свойств материалов

Показатель (методика испытаний), единицы измерения	Номер образца					
	1	2	3	4	5	6
полотно лицевой стороны						
Число нитей (петель) на 10см по основе (вдоль петельного ряда)	(350)	(350)	490	480	(320)	480
Число нитей (петель) на 10см по утку (вдоль петельного столбика)	(380)	(380)	428	400	(340)	432
полотно изнаночной стороны						
Число нитей (петель) на 10см по основе (вдоль петельного ряда)	(130)	(290)	(130)	(300)	(180)	(180)
Число нитей (петель) на 10см по утку (вдоль петельного столбика)	(160)	(320)	(160)	(350)	(150)	(190)
комплексный материал						
Поверхностная плотность, $\text{г}/\text{м}^2$	274	162	328	336	155	279
Толщина, мм	0,46	0,28	0,98	1,07	0,22	0,66
Суммарное тепловое сопротивление, $R_{\text{сум}}, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	0,18	0,16	0,23	0,25	0,17	0,22

Данные таблицы 2 показывают, что тепловое сопротивление комплексного материала коррелирует с его общей толщиной. Прослеживается положительная связь плотности (число нитей на единицу длины) и теплового сопротивления. Интересно, что тепловое сопротивление комплексных материалов, содержащих в качестве лицевого слоя тканые текстильные полотна, выше, чем материалов, содержащих трикотажные полотна. Среди изученных объектов исследования мембранные материалы трехслойной структуры, имеющие подворсовку изнаночной стороны и толщину от 0,66 до 1,07 мм (№3, №4, №6), обладают более высокими значениями теплового сопротивления и могут быть рекомендованы для изготовления спортивной одежды, эксплуатируемой при физической активности носчика выше среднего и температуре воздуха около 0°С с небольшой прибавкой на пакет материалов согласно справочным данным. Поскольку тепловое сопротивление этих материалов и одного слоя нательного белья составляет от 0,22 до 0,25 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Для сравнения: такое же тепловое сопротивление у пакета одежды нательное белье + рубашка + свитер + утепленная куртка согласно данным источника [3, Приложение С], а значение базового коэффициента термоизоляции для

систем одежды, используемых в арктических условиях, должно составлять около $0,46 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Суммарное тепловое сопротивление материалов № 1, №2 и № 5 меньше, поэтому при конструировании одежды из подобных материалов (толщина менее 0,5 мм, лицевое трикотажное полотно с плотностью менее 400 петель на 10 см) необходимо проектировать увеличенную прибавку на пакет с учетом хотя бы еще одного слоя одежды, кроме нательного белья.

В целом, тепловое сопротивление исследуемых материалов позволяет применять их для изготовления одежды с облегченным пакетом материалов, что очень перспективно и технологично.

Список использованной литературы

1. Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях: учебно-справочное руководство / В.А. Струк [и др.] – Долгопрудный : Интеллект, 2010. – 536 с.
2. *Болотько Л.М.* Динамические климатические нормы метеопараметров для г. Минска // Природные ресурсы. – 2021. – № 1. – С. 5–14.
3. ГОСТ Р ИСО 11079-2015 Эргономика термальной среды. Определение холодового стресса и его интерпретация на основе показателей требуемой термоизоляции одежды и локального охлаждающего воздействия. Национальный стандарт Российской Федерации. М. Стандартинформ, 2015. – 39 с.
4. *Петюль И.А.* Исследование суммарного теплового сопротивления пакетов материалов альтернативными методами / И.А. Петюль, В.В. Сапелко // Вестник Витебского государственного технологического университета. –2019. – № 1 (36). – С. 68-80.
5. *Колесников П.А.* Основы проектирования теплозащитной одежды. – Москва : Изд-во «Легкая индустрия», 1971. – 112 с.

© Панкевич Д.К., Лисовская Л.Л., 2023

УДК 677.1.03 (677.021.151.23)

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАКВАСКЕ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЛУБЯНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ КУЛЬТУР APPLICATION OF MICROORGANISMS IN BIOLOGICAL STARTER OF PRIMARY PROCESSING OF BASTER TEXTILE CROPS

**Добедина А.А., Кирсанова Е.А.
Dobedina A.A., Kirsanova E.A.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Moscow*

(e-mail: putyatin-design@yandex.ru)

Аннотация. В статье сделан обзор грибоподобных микроорганизмов, ранее применявшихся в исследованиях воздействия на лигнин и солому текстильных лубяных культур. Микроорганизмы, применяемые в исследованиях, сведены в таблицу. Определены