

## КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ВЛАСЕНКО Виктория, АРАБУЛИ Светлана, Березненко Николай  
Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина

**Реферат:** В работе предложена концепция создания полифункциональных текстильных материалов типа «сэндвич» технического назначения с использованием двусторонних клеевых текстильных полотен. Преимущества таких материалов состоят в прогнозируемости свойств композита с большой вероятностью, управляемости анизотропией свойств, возможности создания полифункциональности на поверхности и в объеме, относительной простоте соединения слоев в сложные текстильные структуры.

**Ключевые слова:** многослойный, многофункциональный текстиль.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В современной деятельности человека практически во всех отраслях хозяйства и сфер деятельности используются технические текстильные материалы. Бурное развитие технических текстильных материалов обусловлено возрастающей необходимостью их применения в разных сферах деятельности человека, а также новыми возможностями современной техники и технологии в производстве волокнистого сырья и текстиля [1, 2].

К настоящему времени сформировалось производство различных видов технического текстиля со специфическими свойствами, разработанного для определенных областей использования. Среди них защитный, медицинский, эко- агро-, гео-, строительный, для спорта и отдыха, для транспорта и другие виды.

Как показывает анализ научной и технической литературы, в последнее время определился устойчивый интерес к созданию «полифункциональных текстильных материалов» («multifunctional textiles») [3].

Эффективность давно известных и широко используемых способов получения полифункциональных текстильных материалов, таких как смешение волокон с разными характеристиками, модификация нитей, модификация строения и поверхности текстильных полотен, ограничена. Известный метод получения текстильных материалов со слоистой структурой при ткачестве и вязании позволяет получить текстиль с желаемыми свойствами [4, 5]. Однако эти способы требуют дорогостоящего оборудования, сложны в обслуживании и не позволяют создать более, чем пятислойные структуры. Можно предположить, что более широкие возможности для производства полифункционального текстиля с высокими потребительскими свойствами лежат в переходе к слоистым композиционным текстильным структурам. Такие материалы представляют собой своеобразные планарные «сэндвичи», в которых каждый текстильный компонент выполняет специфическую функцию, определяемую его свойствами. Разработка полифункциональных текстильных материалов непосредственно связана с созданием так называемых «Интеллектуальных» и «Умных» текстильных материалов («Intelligence Textiles» и «Smart Textiles») [6-8].

Научный и производственный интерес к разработке слоистых текстильных композиционных материалов (ТКМ) объясняется потенциальной возможностью создания материалов с дополнительными полезными свойствами, в которых сочетаются разнообразные свойства и функции. Программа функционирования многослойного композита определяется соответственно его структурой. Именно поэтому так важен концептуальный подход к выбору структуры полифункциональных текстильных композитов (при их конструировании).

С учетом этих положений нами в работе поставлены задачи:

- разработать последовательность (алгоритм) конструирования многофункционального материала;
- согласно выбранного алгоритма сконструировать многослойный ТКМ, функционирование которого позволяет регулировать процессы переноса влаги (воды, жидкостей), ее поглощение, перераспределение и аккумуляцию;
- экспериментально определить зависимость свойств композиционных материалов от свойств индивидуальных полотен.

Исходя из результатов поисковых исследований, нами разработан следующий порядок проектирования полифункциональных текстильных композитов для разных областей использования [3, 9]:

1. Определение основной и дополнительной функций изделия в соответствии с предполагаемыми условиями его эксплуатации.
2. Определение комплекса требований к свойствам текстильных материалов, которые могут быть использованы в композите заданного назначения.
3. Выбор и исследование свойств текстильных материалов, выбор тех из них, которые удовлетворяют заданным требованиям (из имеющихся на рынке или разработка новых). Создание базы данных свойств текстильных материалов.
4. Выбор способа соединения материалов и разработка технологии получения текстильных композитов (сшиванием, склеиванием).
5. Предварительное определение конструкции полифункциональных композиционных материалов (состава и порядка расположения слоев).
6. Получение экспериментальных образцов ТКМ и изучение их свойств.
7. Оптимизация конструкции и свойств текстильного композита с учетом его назначения и результатов исследования его свойств.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТ

Для выполнения настоящей работы текстильные материалы были выбраны таким образом, чтобы их физические свойства существенно отличались (табл. 1).

**Таблица 1:** Показатели физических свойств исходных текстильных материалов

№	Показатель, единицы измерения, методы исследования	Интервал значений для исследованных ТМ
1	Кондиционная влажность, $W_k$ [%] (ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81))	0,2 ÷ 8,8
2	Гигроскопичность, $H$ [%] (ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81))	0,6 ÷ 21,5
3	Краевой угол смачивания, $\theta$ [град] (измерительная система SEE System, Чехия)	39 ÷ 130
4	Время до полного исчезновения капли, $\tau$ [с] (система SEE System)	0,2 ÷ больше 600
5	Капиллярность, $K$ [мм] (ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81))	0 ÷ 200
6	Площадь растекания воды по горизонтальной поверхности ТМ, $S$ [мм <sup>2</sup> ] (методика КНУТД)	0 ÷ 8990
7	Водопоглощаемость, $P_e$ [%] (ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81))	0 ÷ 570
8	Коэффициент водоемкости, $B_e$ [г/м <sup>2</sup> ] (ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81))	0 ÷ 1060
9	Время высыхания, $\tau$ [мин] (методика КНУТД)	10 ÷ 50
10	Водоупорность, $B_{тр}$ [Па] (ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81))	0 ÷ 4900
11	Водопроникаемость в статических условиях, $W_c$ , [час] (ГОСТ 938.21–71)	0 ÷ больше 3
12	Водопроникаемость в динамических условиях, $W_d$ , [мин] (ГОСТ 938.22–71)	0 ÷ 105
13	Водопроницаемость в динамических условиях, $U_d$ , [г/м <sup>2</sup> ·час] (ГОСТ 938.22–71)	0 ÷ 770
	Теплофизические свойства. («ALAMBETA», Чехия)	
14	Коэффициент теплового поглощения $b$ [Вт·с <sup>1/2</sup> /м <sup>2</sup> ·К]	94 ÷ 250
15	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ [Вт/(м·К)]	22,2·10 <sup>-3</sup> ÷ 77,9·10 <sup>-3</sup>
16	Коэффициент температуропроводности, $a$ [м <sup>2</sup> /с]	0,02·10 <sup>-6</sup> ÷ 0,29·10 <sup>-6</sup>
17	Тепловое сопротивление, $R$ [К·м <sup>2</sup> /Вт]	4,8·10 <sup>-3</sup> ÷ 30,5·10 <sup>-3</sup>

В работе исследованы современные текстильные материалы, которые, на сегодня, доступны на мировом рынке текстильных материалов. В их число входили текстильные материалы различного способа производства (ткани, трикотажные и нетканые полотна), различного сырьевого состава: из натуральных волокон (хлопчатобумажные, смешанные, полульняные), из химических волокон и нитей (вискозные, полиэфирные, полипропиленовые, полиоксиметиленовые). Исходные полотна отличались структурными характеристиками: переплетением, поверхностной плотностью ( $M_s = 90 \div 380$  г/м<sup>2</sup>), толщиной ( $h = 0,14 \div 1,55$  мм) и плотностью ткачества или вязания (количество нитей составляло  $80 \div 800$  единиц/100мм).

В работе для скрепления отдельных полотен между собой использован двухсторонний клеевой материал методом «горячего» прессования.

В качестве клеевых материалов использованы два вида полотен с двусторонней клеящей способностью. Первый материал – разработанные в нашем университете (патент Украины 13991А) основовязанные трикотажные полотна, содержащие в своей структуре низкоплавкие полиэтиленовые мононити (температура плавления  $\sim 130^\circ\text{C}$ ), которые в определенном порядке частично выходят на поверхность полотна с лицевой и изнаночной сторон. Второй материал

– очень тонкая клеевая сетка из сополимера этилена и винилацетата (ЭВА) (ф. BOUSTIC, GB/Finland). Главное различие между этими материалами – их толщина, что позволяет регулировать объем воздушного слоя в композиционном материале.

При проведении исследований были использованы как стандартизированные методы, так и специально разработанные (указаны в табл. 1).

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для исходных материалов исследованы перенос воды и тепла (так называемые «транспортные свойства»). В табл. 1 приведены граничные значения показателей свойств исследованных текстильных материалов. Различия в физических свойствах позволили разделить исходные текстильные полотна на несколько условных групп в зависимости от выполняемой ими «функции» по отношению к воде. В табл. 2 приведены соответствующие данные.

**Таблица 2:** Условное разделение исследованных текстильных материалов на (функциональные группы)

Преобладающая функция слоя ТКМ (группа ТМ)	Ориентировочные числовые значения показателей свойств			
	Коэффициент водоёмкости, $B_e$ , [г/м <sup>2</sup> ]	Время высыхания, $\tau$ , [мин]	Площадь растекания воды по горизонтально поверхности ТМ, $S$ , [мм <sup>2</sup> ]	Водоупорность, $B_{тр}$ , [Па]
Поглощение и перенос воды (I гр)	200÷300	0÷20	0÷800	0
Поглощение и накопление воды в объеме (II гр)	≥300	≥25	800÷3000	0
Перераспределение воды по поверхности ТМ, её частичное поглощение и перенос (III гр)	20÷200	10÷25	≥3000	0
Создание сопротивления проникновению воды (IV гр)	0	0÷10	0	4000÷5000

Для изучения свойств ТКМ были получены экспериментальные образцы различной структуры и состава с заданным порядком чередования текстильных слоев. Физические свойства многослойных ТКМ оценивались теми же показателями, что и исходные текстильные полотна. Кроме того, были также исследованы кинетика скорости водопоглощения и время промокания. Результаты исследований для некоторых из изученных композиционных материалов приведены в табл. 3.

Как и предполагалось, результаты исследований показали, что способность многослойных текстильных композиционных материалов поглощать, переносить и удерживать в своей структуре воду и тепло зависит от свойств индивидуальных текстильных материалов, которые входят в состав текстильного композита, и от их конструкции, т.е. взаимного расположения слоев.

**Таблица 3.** Показатели физических свойств ТКМ

Код ТКМ	Состав ТКМ	Гигроскопичность, Н, [%]	Площадь растекания воды по поверхности ТМ, S, [мм <sup>2</sup> ]	Коэффициент водоемкости, $V_e$ , [г/м <sup>2</sup> ]	Начальная линейная скорость водопоглощения, $v_1$ , [м/с]	Толщина, [мм]	Тепловое сопротивление, $R \cdot 10^{-3}$ , [К · м <sup>2</sup> /Вт]	Коэффициент теплопроводности, $\lambda \cdot 10^{-3}$ , [Вт/(м·К)]	Коэффициент температуропроводности, $a \cdot 10^{-6}$ , [м <sup>2</sup> /с]
4	Sa+Al+El+Lu+BA	7,3	450	2330	$4,0 \cdot 10^{-5}$	2,93	36,2	81,2	0,157
8	Sa+Lu+Al+El+BA	7,5	180	2360	$1,1 \cdot 10^{-5}$	2,99	37,1	80,2	0,160
27	Sa+Al+El-Кл- Lu+BA	7,1	350	2850	$3,8 \cdot 10^{-5}$	3,42	47,1	71,6	0,130
6	Sp+Al+El+Lu+BA	7,5	2870	2440	$2,2 \cdot 10^{-6}$	3,03	35,0	86,5	0,140
10	Sp+Lu+Al+El+BA	7,7	610	2550	$6,5 \cdot 10^{-7}$	3,03	37,1	80,2	0,160
24	Sp+Al+El-Кл- Lu+BA	7,4	2550	3070	$2,0 \cdot 10^{-6}$	3,80	47,1	80,8	0,107

Сравнение свойств образцов №4 и №6 показывает влияние первого слоя на начальную скорость водопоглощения и капиллярные свойства поверхности композиционного материала. Сравнение свойств образцов №4 и №8, а также №6 и №10 иллюстрирует влияние второго слоя на эти же свойства многослойных композиционных материалов.

Особо необходимо отметить, что решающее влияние на свойства ТКМ оказывает наличие воздушных прослоек, которые введены в структуру композита с клеевым материалом первого типа. Воздушная прослойка является важным самостоятельным и действенным функциональным слоем в конструкции текстильного композита и в значительной мере влияет на перемещение и накопление влаги, других диффундирующих веществ и тепла (сравнение образцов №4 и №27, и образцов №6 и №24).

#### 4. ВЫВОДЫ

Предложенная концепция создания многослойных трехмерных текстильных структур позволяет разрабатывать материалы с прогнозируемыми свойствами для различных областей применения. В этих структурах каждый из элементов, в том числе воздушные прослойки, взаимодействуют между собой и выполняют определенную функцию.

Можно предвидеть, что преимущества таких материалов состоят в следующем: относительная простота соединения слоев в сложные структуры;

прогнозируемость свойств композита с большой вероятностью; управляемая анизотропия свойств; возможность создания полифункциональности на поверхности и в объеме.

Учитывая огромное разнообразие свойств современных технических текстильных материалов, можно предположить, что предлагаемый способ получения текстильных композиционных материалов дает возможность варьировать свойства получаемых текстильных композитов в широких пределах.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hrocks, S.C. "Handbook of technical textiles", Wood head P.L. (2010)
- [2] Knecht, P., *Technische Textilien*, Deutshe fachverlag, 2005. 342s.
- [3] Vlasenko, V., Bereznenko, M., Liszczuk, V. Modern approach to prepare multifunctional sandwich-type textile composites with predicted characteristics // Innovations in clothing technology & measurement techniques – Warsaw, – 2012. – P. 85-93.
- [4] Mountasir, S., Hoffman, G., Cherif, Ch. Development of weaving technology for manufacturing 3-dimensional spacer fabrics, *Textile Research Journal* 81 (2011), p.p. 1354-1366.
- [5] Hausding, I., Cherif, Ch. Application of stitch-bonded multiplies // *J,Text. Inst.*, 103 (2012), p.p. 179-192.
- [6] Siegert, K. Zusatznutzen von Textilien – nene Wege und Chancen. *Melliand Textilberichte*. 2005. №3. pp.153-154.
- [7] Selbstleuchtende Textilien // *Melliand Textilberichte*. 2004. №5. p.392.
- [8] Leicht, P. Interactive Textiles // *J. Ind. Textiles*. 2000. №3. pp.173.
- [9] Березненко, М. П., Власенко, В. І., Ковтун, С. І. Сучасний підхід до конструювання та оптимізації складу багатофункціональних багатошарових текстильних композитів. *Вісник КНУТД*. 2005. т.1, №5. С. 61–63.