

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПАКЕТОВ ОДЕЖДЫ

DEVELOPMENT AND IDENTIFICATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS AND PACKAGES OF CLOTHES

В.И. БЕСШАПОШНИКОВА, К.И. ПУЛИНА, Т.В. АЛЕКСАНДРОВА, М.В. ЗАГОРУЙКО
V.I. BESSHAPOSHNIKOVA, K.I. PULINA, T.V. ALEKSANDROVA, M.V. ZAGORUYKO

(Энгельсский технологический институт (филиал)
Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.)
(Engels Technological Institute (the Branch)
of Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A.)
E-mail: vibesvi@yandex.ru

Разработана методика определения теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов одежды на установке ОПГТМ с учетом разной плотности теплового потока от 3 до 80 кВт/м². Методика позволяет оценить тепловое сопротивление материалов, комфортность пододежного пространства одежды и время безопасного пребывания человека в экстремальных условиях воздействия высокотемпературного теплового потока.

The methods of determination of thermophysical properties of textile materials and packages of clothes on the unit DCLTM have been developed, taking into account different density of heat flow from 3 to 80 kWt/m². The methods allow to value heat resistance of materials, comfort of underclothes space and safe stay of a person in extreme conditions of high temperature heat flow influence.

Ключевые слова: метод испытания, теплофизические свойства, текстильные материалы, спецодежда.

Keywords: test method, thermophysical properties, textile materials, overalls.

Для оценки теплозащитных свойств материалов и пакетов одежды от воздействия внешнего теплового потока нами предлагается использовать установку ОПГТМ (определение показателей горючести текстильных материалов).

На установке температура пододежного пространства формируется двумя тепловыми потоками, направленными навстречу друг другу. Первый поток направлен из окружающей среды, с температурой более 37°C, → через материал → в пододежное пространство, куда в это же время поступает второй поток тепловой энергии, выделяемой человеком. Тепловая энергия пододежного пространства суммируется

тепловой энергией двух потоков, направленных навстречу друг другу, и описывает уравнением:

$$Q_{\text{поп}} = Q_{\text{вс}} + Q_{\text{ч}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{поп}}$ – количество тепла в пододежном пространстве, ккал/ч; $Q_{\text{вс}}$ – количество тепла, поступающего из внешней среды, ккал/ч; $Q_{\text{ч}}$ – количество тепла, выделяемого человеком, ккал/ч.

Тепловой поток, который проходит через материал в пододежное пространство, можно определить на установке. Теплофизические свойства материалов и пакетов одежды можно рассчитать. Расчет тепло-

проводности материала λ , Вт/м·°С, в экстремальных условиях открытого пламени осуществляли по формуле:

$$\lambda = \Phi \delta / S \Delta t, \quad (2)$$

где Φ – тепловой поток, Вт/м²; δ – толщина материала, м; S – площадь пробы, 0,06 м²; Δt – перепад температур по обе стороны пробы материала.

Температуропроводность a , м²/с, пробы материалов рассчитывали по формуле:

$$a = \lambda / (C_m \rho_2), \quad (3)$$

где ρ_2 – плотность материала, кг/м³; C_m – удельная теплоемкость пробы материала, Дж/кг·°С, рассчитывается по формуле:

$$C_m = (1,675 \cdot 10^3) M_s S, \quad (4)$$

где $1,675 \cdot 10^3$ – удельная теплоемкость материалов органического происхождения, Дж/кг·°С; M_s – поверхностная плотность образца, кг/м²; S – площадь пробы, м².

Количество тепла, поступающего в пододежное пространство из внешней среды, $Q_{вс}$, ккал/ч, оценивали термическим сопротивлением одежды $R_{сум}$ по формуле:

$$R_{сум} = \delta / \lambda. \quad (5)$$

Темп m , град/с, прохождения теплового потока до критической температуры пододежного пространства 37°С, который позволяет оценить безопасное время пребывания человека в экстремальных условиях, определяли по формуле:

$$m = (\ln T_1 - \ln T_2) / \tau, \quad (6)$$

где T_1 и T_2 – среднеарифметическое значение показаний датчиков температуры перед образцом (со стороны пламени) и за образцом (со стороны короба, в пододежном слое), °С; τ – время, с, в течение которого температура в пододежном слое достигнет 37 °С.

Объектами исследования выбраны огнезащитные композиционные текстильные материалы КТМ-6-ОП (верхний слой –

ткань арт. 49702 СН и нижний слой – фланель арт. 1630, огнезащищенная 22% АРР-201, соединенные сополиамидом Н005РА) и БКМ-10 (верхний слой – базальтовая ткань арт. БТ-10 и нижний – "Поларфлис" арт. ДТУ-240, огнезащищенный 16% АРР-201, соединенные сополиамидом Н005РА). Для сравнения испытывали ткань арт. 06123-ОП из льняных волокон, которая имеет промышленный выпуск и используется в производстве костюмов металлургов. В пакете одежды в качестве утеплителя использовали ватин полушерстяной арт. 927637, нетканый синтепон арт. 935679 и огнезащищенный нетканый утеплитель арт. 935679-ОП [1]. В качестве подкладочного материала выбрана хлопковискозная ткань арт. 42341.

Испытания проводили при разных уровнях плотности теплового потока: низкая – 9 кВт/м², средняя – 33 кВт/м² и высокая – 75...80 кВт/м². Для доказательства достоверности результатов предложенного нами метода ткань арт. 06123-ОП исследовали по разработанному методу на установке ОПГТМ и по стандартной методике ГОСТ Р ИСО 6942–2007. Результаты испытаний и расчетов теплофизических свойств тканей представлены в табл. 1.

Сравнивая показатели теплофизических свойств ткани арт. 06123-ОП, полученные на установке ОПГТМ и по стандартной методике, можно констатировать, что результаты сопоставимы, следовательно, разработанный метод дает достоверные данные оценки поведения материалов при воздействии потоков теплового излучения.

Слои пакетов одежды формировали по схемам, представленным в табл. 2. Данные свойств пакетов материалов для одежды при воздействии теплового потока плотности 40 кВт/м² представлены в табл. 3. Отмечено, что тепловое сопротивление пакетов материалов от воздействия теплового потока зависит от числа слоев. Замена синтетического утеплителя на полушерстяной ватин значительно повышает сопротивление пакета материалов прохождению теплового потока в пододежное пространство.

Таблица 1

Показатели свойств	Образец материала			
	ткань арт. 06123-ОП		КТМ-6-ОП	БКМ-10
	на установке ОПГТМ	по ГОСТ 6942-2007		
плотность теплового потока 12 кВт/м ²				
1. Температуропроводность а, м ² /с	8,68	8,71	7,35	6,98
2. Теплопроводность λ, Вт/м·К	0,04159	0,04160	0,05040	0,03754
3. Суммарное тепловое сопротивление, °С·м ² /Вт	0,1865	0,1862	0,2335	0,2826
4. Темп прохождения теплового потока до t ₃₇ , °С/мин	0,167	-	0,160	0,155
5. Влажность пододежного пространства, %	55	-	56	57
плотность теплового потока 33 кВт/м ²				
1. Температуропроводность а, м ² /с	7,34	-	7,12	6,46
2. Теплопроводность λ, Вт/м·К	0,04074	-	0,04674	0,03345
3. Суммарное тепловое сопротивление, °С·м ² /Вт	0,1969	-	0,2468	0,3047
4. Темп прохождения теплового потока до t ₃₇ , °С/мин	0,258	-	0,251	0,238
5. Влажность пододежного пространства, %	49	-	50	50
плотность теплового потока 75 кВт/м ²				
1. Температуропроводность а, м ² /с	6,76	-	6,60	5,11
2. Теплопроводность λ, Вт/м·К	0,03805	-	0,04413	0,03069
3. Суммарное тепловое сопротивление, °С·м ² /Вт	0,2056	-	0,2533	0,3119
4. Темп прохождения теплового потока до t ₃₇ , °С/мин	0,879	-	0,876	0,863
5. Влажность пододежного пространства, %	43	-	45	46

Таблица 2

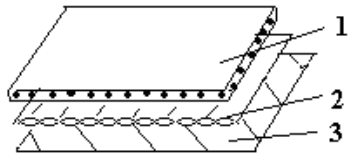
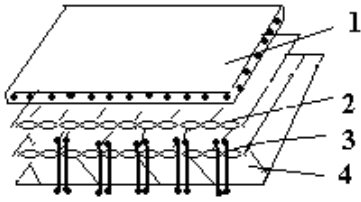
Схема сборки пакета материалов	№ образца	Состав пакета материалов
	1, 3, 5	1 – ткань верха; 2 – утеплитель арт. 935679-ОП; 3 – подкладка арт. 42341;
	7	1 – арт. 06123-ОП 2 – арт. 927637 (п/ш) 3 – арт. 42341
	2, 4, 6	1 – ткань верха; 2 – утеплитель арт. 935679-ОП; 3 – утеплитель арт. 935679 простеган с подкладкой 4 – арт. 42341
	8	1 – арт. 06123-ОП 2 – арт. 927637 (п/ш) 3 – арт. 935679 4 – арт. 42341

Таблица 3

Номер образцов пакетов одежды	Показатели свойств пакетов материалов							
	t _{max} , °С	Δm, %, при t _{max}	τ ₃₇ , с	δ, мм	λ, Вт/м·К,	W ₃₇ , %	R _{сум} , °С·м ² /Вт	Δτ, °С/мин
Ткань верха БКМ-10								
№1	305	4,68	4990	7,3	0,03209	49	0,218	0,025
№2	304	4,76	7505	10,5	0,02623	50	0,400	0,017
Ткань верха КТМ-6-ОП								
№3	305	6,1	4863	7,0	0,03741	48	0,187	0,026
№4	303	6,3	7210	10,2	0,02856	49	0,364	0,017
Ткань арт. 06123-ОП								
№5	305	6,2	4023	7,6	0,03189	46	0,238	0,031
№6	304	6,6	6840	10,8	0,02797	47	0,386	0,018
№7	304	10,1	4234	7,6	0,02898	46	0,262	0,029
№8	304	10,3	6799	10,8	0,02197	55	0,492	0,014

Примечание. λ – коэффициент теплопроводности; R_{сум} – суммарное тепловое сопротивление; Δτ – темп прохождения теплового потока через материал, соответствующий температуре пододежного пространства 37°С; τ₃₇ – время достижения 37°С в пододежном пространстве; Δm – потеря массы образца при t_{max}; t_{max} – максимальная температура на поверхности пробы; W₃₇ – влажность при температуре пододежного пространства 37°С.

ВЫВОДЫ

Показано, что разработанный метод исследования теплофизических свойств текстильных материалов и их систем дает результаты, сопоставимые с данными исследований по известным и стандартным методам. Преимущество разработанного метода заключается в том, что он позволяет получить данные теплофизических свойств в зависимости от разной плотности теплового потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2287031 РФ 6D04H 1/22; 13/00 Способ получения объемного нетканого утеплителя для одежды / Бешапошникова В.И., Куликова Т.В. и др. опубл. 10.11.2006 Бюл. № 31.

Рекомендована кафедрой технологии и конструирования швейных изделий. Поступила 29.11.12.
