

Научная статья

УДК 677.017.6

EDN ZIXAHU

doi 10.34216/2587-6147-2023-3-61-11-16

Эльвира Рауфовна Нуриахметова¹

Юлия Александровна Коваленко²

Наталья Васильевна Тихонова³

^{1,2,3} Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

¹ elvira-skor@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7798-8450>

² julia_a_kov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9050-3394>

³ nata.tikhonova.81@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2241-869X>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ДИАГНОЗОМ ДЦП

Аннотация. В данной статье приводятся результаты испытаний на воздухопроницаемость материалов верха, нетканых утепляющих материалов, материалов подкладки и пакетов материалов. Обоснована важность значений воздухопроницаемости для пакетов материалов теплозащитной одежды детей с диагнозом детский церебральный паралич (ДЦП). Определены и описаны объекты и методы исследования воздухопроницаемости материалов. Для оценки свойств воздухопроницаемости материалов применен метод по ГОСТ ISO 9237–2013. Также приведен метод расчета прогнозируемых значений воздухопроницаемости пакетов материалов. В статье проанализированы результаты определения воздухопроницаемости пакетов материалов, полученные как теоретическим, так и экспериментальным методом. В статье сопоставляются значения воздухопроницаемости пакетов материалов с проведенным ранее исследованием пакетов материалов на суммарное тепловое сопротивление. Сделаны выводы о требованиях воздухопроницаемости пакетов материалов теплозащитной одежды детей с заболеванием ДЦП.

Ключевые слова: воздухопроницаемость, плащевые материалы, утепляющие материалы, материалы подкладки, текстильные материалы, пакет материалов, одежда для детей с ДЦП, теплозащитная одежда

Для цитирования: Нуриахметова Э. Р., Коваленко Ю. А., Тихонова Н. В. Исследование показателя воздухопроницаемости пакета материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП // Технологии и качество. 2023. № 3(61). С. 11–16. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-3-61-11-16>.

Original article

Elvira R. Nuriahmetova¹

Yulia A. Kovalenko²

Natalia V. Tikhonova³

^{1,2,3} Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

STUDY OF THE AIR PERMEABILITY INDICATOR OF A PACKAGE OF MATERIALS OF THERMAL CLOTHING FOR CHILDREN WITH A DIAGNOSIS OF CP

Abstract. This article reports the results of breathability tests on upper materials, nonwoven insulation materials, lining materials, and material packs. The importance of air permeability values for packages of materials of thermal protective clothing for children diagnosed with cerebral palsy (CP) is substantiated. Objects and methods for studying the air permeability of materials are defined and described. The method according to State Standard ISO 9237–2013 was used to assess the properties of air permeability of materials. A method for calculating the predicted values of the air permeability of packages of materials is also given. The article analyses the results of air permeability of packages of materials obtained both theoretically and experimentally. The article compares the values of the air permeability of the packages of materials with the previous study of the packages of materials on the total thermal resistance. Conclusions are drawn about the

© Нуриахметова Э. Р., Коваленко Ю. А., Тихонова Н. В., 2023.

requirements for air permeability of packages of materials for thermal protective clothing for children with cerebral palsy.

Keywords: *breathability, raincoat materials, warming materials, lining materials, textile materials, material package, clothing for children with cerebral palsy, thermal clothing*

For citation: Nuriahmetova E. R., Kovalenko Yu. A., Tikhonova N. V. Study of the air permeability indicator of a package of materials of thermal clothing for children with a diagnosis of CP. *Technologies & Quality*. 2023. No 3(61). P. 11–16. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-3-61-11-16>.

Анализ современного рынка теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП подтвердил необходимость ее создания, так как представленные на российском рынке изделия в основном удовлетворяют требованиям здоровых людей. Для малоподвижных, в частности для детей с диагнозом ДЦП, предлагаемая одежда не отвечает заявленным требованиям по обеспечению оптимального микроклимата пододежного пространства с учетом различных погодных условий и особенностей функциональной деятельности организма детей с диагнозом ДЦП [1, 2].

В начале XX века профессором П. Е. Калмыковым сформированы общие гигиенические требования к теплозащитной одежде [3], которые заключаются в способности к регулированию степени теплозащитных характеристик. Внутренние слои пакета материалов теплозащитной одежды должны обеспечивать комфортный микроклимат в пододежном пространстве; обладать гигроскопичными свойствами, а также впитывать пот и хорошо отдавать влагу во внешние слои пакета материалов и отдавать накопленную влагу во внешнюю среду.

Влияние ветра на теплозащитные свойства материалов и их пакетов широко и полно рассмотрел П. А. Колесников [4]. Он доказал, что влияние ветровой нагрузки на теплоизоляционные свойства материалов и пакетов из них обусловлено воздухопроницаемостью основной ткани и степенью прилегания ее к поверхности.

Теплозащитные свойства материалов и изделий из них обеспечиваются группой свойств, одним из которых является показатель воздухопроницаемости материалов [5]. Величина показателя воздухопроницаемости характеризует способность материала пропускать воздух при разнице давления воздуха по обе стороны испытываемой пробы. Данный показатель оказывает значительное влияние на состояние пододежного микроклимата, что в свою очередь влияет на процессы теплообмена одетого человека.

Следовательно, в рамках проведения работы по подбору оптимального пакета материалов теплозащитной одежды для детей с заболе-

ванием ДЦП необходимым является исследование воздухопроницаемости отдельных материалов и пакетов в целом.

В данной работе проведен анализ подбора пакета материалов и результатов их лабораторных испытаний. В процессе эксперимента определялся показатель воздухопроницаемости отобранных материалов верха, утепляющих материалов и материалов подкладки, а также составленных из них пакетов в различных комбинациях.

В качестве объектов исследования выбраны следующие материалы:

материалы верха:

- плащевая ткань «Джинс» с мембранным покрытием 5000/5000 (водоупорность, мм вод. ст. / паропроницаемость, г·м²/сут), состав 100 % полиэстер, производство Китай;
- мембранная ткань FINETEX с мембранным покрытием 10 000/8000 (водоупорность, мм вод. ст. / паропроницаемость, г·м²/сут), состав 100 % полиэстер, производство Китай;
- плащевая ткань «Президент» на флисе (100 % полиэстер), производство Корея;
- плащевая ткань «Президент» (100 % полиэстер), производство Корея;
- плащевая ткань «Поликоттон» (80 % полиэстер, 20 % хлопок), производство Китай;

утепляющие материалы:

- нетканый материал Шелтер «Оптимум» (100 % полиэфир), производство Россия;
- нетканый материал «Нипромтекс» (100 % полиэфир), производство Россия;
- нетканый материал Холлофайбер ПРОФИ (100 % полиэфир), производство Россия;

подкладочные материалы:

- подкладочный материал Бренд Fashion Solution (100 % полиэстер), производство Россия;
- ткань подкладочная фольгированная Бренд Fashion Solution (100 % полиэстер), производство Россия;
- полотно трикотажное – микрофибра (100 % микрополиамид), производство Латвия;
- микровискоза (70 % микрофибра, 30 % вискоза), производство Китай;

- микрофибра «Лиссабон» (100 % полиэстер), производство Китай;
- полотно трикотажное «Флис» (100 % полиэфир), производство Россия.

Исследования воздухопроницаемости материалов и их пакетов проводили согласно ГОСТ ISO 9237–2013 «Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости» и на приборе A0003-PC IDM Instruments AIR (Австралия), который представлен на рисунке.

Для проведения испытаний вырезают точечные пробы размером 150×150 мм с испытываемой площадью не менее 20 см². Испытания проводились при давлении 100 Па. Прибор в автоматическом режиме определяет воздухо-

проницаемость материала путем измерения разницы давления между лицевой и изнаночной сторонами материала. Образец материала помещается на тест-головку прибора, затем зажимается кольцом рукоятки давления, после чего автоматически запускается вакуумный вентилятор прибора. После завершения испытания рукоятка давления автоматически приходит в исходное положение. Для каждого образца материала проводят не менее 5 испытаний.

Измерения показателя воздухопроницаемости проводились как для отдельных слоев материалов, составляющих пакет изделия, так и пакета в целом. Полученные результаты представлены в табл. 1.



Рис. Прибор для определения воздухопроницаемости материалов A0003-PC IDM Instruments AIR

Т а б л и ц а 1

Значения показателя воздухопроницаемости материалов

Слой в пакете материалов	Обозначение	Наименование материала	Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² /с, при 100 Па
Верхний <i>i</i>	1	Плащевая ткань «Джинс» с мембранным покрытием 5000/5000	0,30
	2	Плащевая ткань FINETEX с мембранным покрытием 10 000/8000	0,96
	3	Плащевая ткань «Президент» на флисе	76,16
	4	Плащевая ткань «Президент»	92,51
	5	Плащевая ткань «Поликоттон»	13,66
Утепляющий <i>s</i>	1	Утепляющий нетканый материал Шелтер «Оптимум» 200 г/м ²	1689,40
	2	Утепляющий нетканый материал «Нипромтекс» 200 г/м ²	1775,60
	3	Утепляющий нетканый материал Холлофайбер ПРОФИ 400 г/м ²	555,08
Подкладка <i>j</i>	1	Ткань подкладочная фольгированная	35,52
	2	Микрофибра «Лиссабон»	114,40
	3	Трикотажное полотно – микрофибра	1307,80
	4	Микровискоза	147,34
	5	Подкладочный материал (100 % полиэстер)	58,25
	6	Полотно трикотажное «Флис»	408,28

Из табл. 1 можно сделать вывод, что среди плащевых материалов наименьшей воздухопроницаемостью обладают материалы с мембранным покрытием, а среди плащевых материалов без мембранного покрытия наименьшее значение у плащевой ткани «Поликоттон». Среди материалов утепляющего слоя наименьшая воздухопроницаемость у нетканого материала Холлофайбер ПРОФИ 400 г/м² в связи с высокой поверхностной плотностью материала, тогда как у нетканых утепляющих материалов с плотностью 200 г/м² наимень-

шей воздухопроницаемостью обладает материал Шелтер «Оптимум» 200 г/м². Среди подкладочных материалов наименьшей воздухопроницаемостью обладает ткань фольгированная.

В целях формирования пакетов материалов составлены матрицы из испытываемых материалов, представленные в табл. 2–4. Пакеты формируются по принципу: i, s, j , где i – материал верха, s – утепляющий материал, j – подкладочный материал.

Итого составлено 90 пакетов материалов.

Таблица 2

Матрица подбора пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП с утепляющим нетканым материалом Шелтер «Оптимум» 200 г/м², $s - 1$

Материал верха i \ Материал подкладки j	1	2	3	4	5	6
1	111	112	113	114	115	116
2	211	212	213	214	215	216
3	311	312	313	314	315	316
4	411	412	413	414	415	416
5	511	512	513	514	515	516

Таблица 3

Матрица подбора пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП с утепляющим нетканым материалом «Нипромтекс» 200 г/м², $s - 2$

Материал верха i \ Материал подкладки j	1	2	3	4	5	6
1	121	122	123	124	125	126
2	221	222	223	224	225	226
3	321	322	323	324	325	326
4	421	422	423	424	425	426
5	521	522	523	524	525	526

Таблица 4

Матрица подбора пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП с утепляющим нетканым материалом Холлофайбер ПРОФИ 400 г/м², $s - 3$

Материал верха i \ Материал подкладки j	1	2	3	4	5	6
1	131	132	133	134	135	136
2	231	232	233	234	235	236
3	331	332	333	334	335	336
4	431	432	433	434	435	436
5	531	532	533	534	535	536

Зная значения воздухопроницаемости каждого материала, можно рассчитать прогнозируемое значение воздухопроницаемости всего пакета материалов по формуле [5]

$$B_{\text{общ}} = \frac{1}{\frac{1}{B_i} + \frac{1}{B_s} + \frac{1}{B_j}},$$

где $B_{\text{общ}}$ – воздухопроницаемость многослойного пакета;

B_i – воздухопроницаемость материала верха;

B_s – воздухопроницаемость утепляющего материала;

B_j – воздухопроницаемость материала подкладки.

В табл. 5 приведены прогнозируемые и фактические значения воздухопроницаемости пакетов материалов.

Из табл. 5 можно сделать вывод о том, что прогнозируемые значения воздухопроницаемости могут иметь отклонения от фактических значений как в большую, так и в меньшую сторону. В среднем отклонение составляет 5,50 %,

но в некоторых пакетах отклонение может достигать 29,70...31,72 %.

Установлено, что толщина пакета не оказывает существенного влияния на воздухопроницаемость пакетов материалов. В исследовании [6] отмечено также, что на воздухопроницаемость материалов оказывает влияние структура переплетения материала, а не его поверхностная плотность.

ВЫВОДЫ

Учитывая возможность снижения теплозащитных свойств пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с ДЦП конвекцией от воздействия воздуха окружающей среды, можно предположить, что наилучшими теплозащитными свойствами будут обладать пакеты материалов с наименьшими значениями воздухопроницаемости. Из табл. 5 видно, что наименьшей воздухопроницаемостью обладают

пакеты материалов, где в качестве материала верха применены плащевые ткани с мембранным покрытием, которое и выполняет ветрозащитную функцию. Однако в исследовании [7] установлено, что на теплозащитные характеристики оказывают влияние и другие физико-механические свойства пакетов материалов и, как следствие, суммарное тепловое сопротивление пакетов с минимальными значениями воздухопроницаемости не всегда является достаточным для теплозащитной одежды детей с заболеванием ДЦП. В исследовании [7] установлено, что рассматриваемые в данном эксперименте пакеты материалов с низкой воздухопроницаемостью материалов верха (с мембранным покрытием) обладают наименьшим тепловым сопротивлением, поэтому следует обратить внимание на пакеты материалов со средними значениями воздухопроницаемости.

Т а б л и ц а 5

Прогнозируемые и фактические значения воздухопроницаемости пакетов материалов

Номер пакета	Прогнозируемое значение	Фактическое значение	Номер пакета	Прогнозируемое значение	Фактическое значение	Номер пакета	Прогнозируемое значение	Фактическое значение
111	0,28	0,08	121	0,28	0,00	131	0,28	0,08
112	0,28	0,08	122	0,28	0,08	132	0,28	0,08
113	0,28	0,09	123	0,28	0,09	133	0,28	0,09
114	0,28	0,07	124	0,28	0,07	134	0,28	0,07
115	0,28	0,07	125	0,28	0,07	135	0,28	0,07
116	0,28	0,09	126	0,28	0,09	136	0,28	0,09
211	0,94	1,55	221	0,94	1,55	231	0,94	1,55
212	0,96	1,56	222	0,96	1,56	232	0,96	1,56
213	0,96	1,57	223	0,96	1,57	233	0,96	1,57
214	0,96	1,57	224	0,96	1,57	234	0,96	1,57
215	0,95	1,55	225	0,95	1,55	235	0,95	1,55
216	0,96	1,58	226	0,96	1,58	236	0,96	1,58
311	23,88	21,27	321	23,90	21,43	331	23,21	20,19
312	44,52	45,93	322	44,57	45,74	332	42,24	40,83
313	69,03	66,36	323	69,16	66,47	333	63,71	59,84
314	48,76	49,65	324	48,83	49,79	334	46,04	47,00
315	32,37	33,11	325	32,40	33,15	335	31,15	30,56
316	61,84	70,29	326	61,95	70,48	336	57,53	66,15
411	25,28	28,87	421	25,30	28,93	431	24,53	27,65
412	49,64	53,69	422	49,72	53,72	432	46,83	50,29
413	82,19	82,80	423	82,39	82,94	433	74,76	75,00
414	54,98	57,31	424	55,07	57,43	434	51,55	53,76
415	35,00	37,55	425	35,04	37,58	435	33,58	35,94
416	72,20	93,64	426	72,35	94,00	436	66,40	87,46
511	9,81	9,20	521	9,81	9,20	531	9,69	9,52
512	12,12	11,18	522	12,12	11,20	532	11,94	10,93
513	13,41	11,86	523	13,42	11,93	533	13,20	11,67
514	12,41	11,39	524	12,42	11,41	534	12,23	10,96
515	10,99	9,77	525	11,00	9,77	535	10,85	9,64
516	13,12	12,56	526	13,12	12,57	536	12,91	11,47

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Нуриахметова Э. Р., Коваленко Ю. А., Тихонова Н. В. Анализ ассортимента адаптивной детской одежды, представленной на рынке, и особенности ее проектирования // Легкая промышленность: проблемы и перспективы : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Омск, 29–30 ноября 2022 г.). Омск : Омский гос. техн. ун-т, 2022. С. 57–62.
2. Нуриахметова Э. Р., Махоткина Л. Ю., Тихонова Н. В. Конструктивные особенности одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2021. Т. 54, № 4. С. 35–40.
3. Калмыков П. Е. Современное состояние вопроса о теплой одежде // Гигиена и санитария. 1961. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-voprosa-o-teploj-odezhde> (дата обращения: 03.06.2023).
4. Колесников П. А. Теплозащитные свойства одежды. М. : Легкая индустрия, 1965. 340 с.
5. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности : учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Жихарев, Д. Г. Петропавловский, С. К. Кузин, В. Ю. Мишаков. М. : Академия, 2004. 448 с.
6. Рубцов В. И., Шустов Ю. С., Зиновьев В. П. Особенности методов определения воздухопроницаемости различных тканей // Дизайн и технологии. 2019. № 73(115). С. 68–78.
7. Нуриахметова Э. Р., Коваленко Ю. А., Тихонова Н. В. Анализ суммарного теплового сопротивления пакета материалов применительно к адаптивной одежде для детей с ДЦП // VIII Междунар. студ. науч.-практ. конф. «Товароведение, биотехнология и автоматизация обработки кожи и меха» (Улан-Удэ, 15–16 декабря 2022 г.). Улан-Удэ : Восточно-Сибирский гос. ун-т технологий и управления, 2022. С. 71–74.

REFERENCES

1. Nuriahmetova E. R., Kovalenko Yu. A., Tihonova N. V. Analysis of the range of adaptive clothing on the market and design features of this clothing. *Lyogkaya promyshlennost': problemy i perspektivy* [Light industry: Problems and prospects : Materials of the International Scientific and Practical Conference (Omsk, November 29–30, 2022)]. Omsk, Omskij St. Tech. Univ., 2022, pp. 57–62. (In Russ.)
2. Nuriahmetova E. R., Mahotkina L. Yu., Tihonova N. V. Design features of clothing for people with disabilities. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2021;54,4:35–40. (In Russ.)
3. Kalmykov P. E. The current state of the issue of warm clothing. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 1961;11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-voprosa-o-teploj-odezhde> (Accessed 03.06.2023). (In Russ.)
4. Kolesnikov P. A. Heat-protective properties of clothing. Moscow, Legkaya industriya Publ., 1965. 340 p. (In Russ.)
5. Zhiharev A. P., Petropavlovskij D. G., Kuzin S. K., Mishakov V. Yu. Materials science in the production of light industry products. Moscow, Akademiya Publ., 2004. 448 p.
6. Rubtcov V. I., Shustov Yu. S., Zinoviev V. P. Features of different fabrics air penetration determination methods. *Dizajn i tekhnologii* [Design and technology]. 2019;73(115):68–78. (In Russ.)
7. Nuriahmetova E. R., Kovalenko Yu. A., Tihonova N. V. Analysis of the total thermal resistance of a package of materials in relation to adaptive clothing for children with cerebral palsy. *VIII Mezhdunarodnaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Tovarovedenie, biotekhnologiya i avtomatizaciya obrabotki kozhi i mekha», Ulan-Ude, 15–16 dekabrya 2022 g.* [VIII International Student. scientific-practical conf. “Commodity Science, Biotechnology and Automation of Skin Processing and furs” (Ulan-Ude, December 15–16, 2022)]. Ulan-Ude, East Siberian State University of Technology and Management Publ., 2022, pp. 71–74. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 17.08.2023
Принята к публикации 8.09.2023