

## ОЦЕНКА ПАРОПРОНИЦАЕМОСТИ ТРИКОТАЖНЫХ БЕЛЬЕВЫХ ПОЛОТЕН

*М.И. Дрозд, Т.Ф. Марцинкевич, М.Н. Михалко*

Гигиенические свойства материалов для одежды обеспечивают защиту организма от вредных воздействий внешней среды, создают нормальные для жизнедеятельности условия при взаимодействии с климатической средой в процессе носки и зависят от способности материала регулировать газовлажностные параметры микроклимата в пододежном пространстве. Оптимальный микроклимат обеспечивает нормальное функционирование организма человека, его хорошее самочувствие и сохранение высокой работоспособности.

Обеспечение безопасности использования материалов, в частности текстильных, – приоритетная задача государственной политики, которая реализуется в разработке технических нормативных правовых актов [1].

Из гигиенических показателей текстильных материалов, определяющих безопасность изделий, согласно санитарным нормам, правилам и гигиеническим нормативам [2], установлены нормы по гигроскопичности материалов и воздухопроницаемости. В одежде и белье из трикотажных полотен для новорожденных и детей ясельного, дошкольного возраста (первого и второго слоев) установлена оптимальная гигроскопичность 8 – 14 %, допустимая – не менее 6 – 7 %, воздухопроницаемость соответственно – 100 – 150  $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ . Однако следует учесть, что показатели гигроскопичности и воздухопроницаемости не характеризуют уровень передачи влаги материалом из пододежного пространства в окружающую среду. В связи с этим при гигиенической оценке одежды значительный интерес представляет динамика влажности под одеждой, обусловленная способностью материалов выводить влагу в окружающую среду. Установлено, что гигиеническим требованиям в наибольшей степени соответствует одежда, в пододежном пространстве которой скорость увеличения влажности воздуха будет наименьшая. Поэтому установить динамику изменения влажности в пододежном пространстве возможно с помощью более адекватного показателя гигиенических свойств – паропроницаемости. Особая значимость данного гигиенического показателя бельевых материалов, и особенно для детских изделий, в качестве которых чаще используются трикотажные полотна, подчеркивает актуальность проведенного исследования.

Паропроницаемость – это способность трикотажного полотна пропускать водяные пары из среды с повышенной влажностью воздуха в среду с меньшей влажностью, что обеспечивает создание нормальных условий для жизнедеятельности организма человека путем удаления из пододежного пространства излишней влаги. Достижение оптимальной относительной влажности воздуха под одеждой весьма важно для регулирования микроклимата в пододежном пространстве. Недостаточный уровень паропроницаемости ведет к задержанию паров, выделяемых телом человека в пространстве под одеждой, увлажнению одежды и снижению ее теплозащитных свойств, что приводит к переохлаждению организма.

Проникновение пара через материал обусловлено процессом диффузии вследствие разности давлений пара в атмосферной среде и пододежном пространстве и адсорбции-десорбции. Соотношение количества пара, проходящего через материал различными путями, зависит от их пористости и сорбционной способности. В материалах с относительно высокой пористостью процессы диффузии преобладают над процессами адсорбции-десорбции, что связано с более высоким сопротивлением волокон водяным парам по сравнению с сопротивлением воздуха. При этом волокнистый состав в меньшей степени влияет на показатели паропроницаемости. Известно, что в материалах с низкой пористостью процессы адсорбции-десорбции преобладают над процессами диффузии, и

волокнистый состав материала в значительной степени определяет скорость проникновения пара, то есть полотна из гидрофильных волокон имеют большие значения показателя паропроницаемости, чем полотна из гидрофобных волокон.

Рядом авторов [3] показано, что близкие значения показателей паропроницаемости характерны для текстильных материалов с объемным заполнением их волокном до 40 %. Заполнение текстильных материалов волокном на 30 – 40 % является критическим в механизме передачи материалами водяных паров. При более низком объемном заполнении преобладает передача паров диффузией, которая в значительной степени определяется строением материалов. Особенности строения трикотажа усложняют установление зависимости паропроницаемости от отдельных факторов строения.

Характер расположения волокон и нитей на поверхности трикотажа формирует многочисленные разной формы и размера поры – поверхностные, внутренние, которые оказывают внешнее сопротивление водяным парам. На внутреннее сопротивление водяных паров оказывает влияние толщина материала и объем волокон в нем, сквозные поры. Поэтому определение показателей паропроницаемости трикотажных бельевых полотен важно не только для установления зависимостей ее от показателей строения, но и обеспечения гигиенической безопасности бельевого трикотажа.

Коэффициент паропроницаемости ( $\Pi_h$ ) показывает, какое количество водяных паров пройдет через единицу площади материала в единицу времени, и рассчитывается следующим образом:

$$\Pi_h = \frac{m}{St}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса водяных паров, проходящих через полотно, мг;  
 $S$  – площадь материала, через которую проходит пар, см<sup>2</sup>;  
 $t$  – время испытания, ч.

Данный показатель позволяет определить продолжительность установления сорбционного динамического равновесия, которое возрастает с увеличением гидрофильности и пористости трикотажа. Ранее установлено, что у материалов из гидрофобных волокон сорбционное равновесие достигается в течение 15 минут, а у пористых гидрофильных материалов – от 60 до 120 минут. Этот фактор должен учитываться при проектировании материалов для одежды. Одним из условий нормального теплообмена организма является относительно медленная сорбция – десорбция водяных паров материалами одежды. Исходя из этого, проблема формирования и прогнозирования качества одежных товаров является актуальной.

Учитывая значимость указанного показателя с точки зрения безопасности материалов для одежды, нами проведены исследования трикотажных полотен, применяемых для изготовления бельевых изделий. Исследуемые образцы отличаются переплетением, показателями строения, волокнистым составом (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика образцов трикотажных полотен

Но-мер образца	Вид переплетения	Волокнистый состав	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Пористость, %	Толщина полотна, мм	Плотность вязания, число петель на 10 см		C (N <sub>c</sub> / N <sub>p</sub> )
						N <sub>c</sub>	N <sub>p</sub>	
1	Гладь	Хлопок	185,75	72,24	0,44	128	160	0,71
2	Гладь	Хлопок	119,27	78,20	0,36	148	164	0,90
3	Интерлок	Хлопок (80 %), вискоза (20 %)	241,88	75,53	0,65	136	126	1,08

4	Футерованное	Хлопок	170,62	77,09	0,49	134	168	0,80
5	Плюшевое	Хлопок (82 %), полиэстер (18 %)	245,86	86,52	1,2	110	156	0,71

Определение показателей паропроницаемости проводилось по стандартной методике в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации изделий. Для взвешивания использовались электронные весы Adventurer с высокой точностью измерения (0,01 г).

Результаты исследований отражены в таблице 2 и на рисунке.

Таблица 2 – Показатели паропроницаемости трикотажных полотен

Но- мер об- раз- ца	Количество прошедших паров за время, мг/см <sup>2</sup> ·мм						Коэффициент паропроницаемости, мг/см <sup>2</sup> ·мм·час					
	15 мин	30 мин	60 мин	120 мин	180 мин	240 мин	15 мин	30 мин	60 мин	120 мин	180 мин	240 мин
1	16,07	23,72	36,09	53,30	60,80	78,59	64,27	41,45	36,09	26,64	22,27	19,65
2	17,81	26,53	41,47	63,03	80,67	99,40	71,22	53,06	41,47	31,52	26,89	24,91
3	8,55	13,38	21,38	32,55	41,43	49,38	34,22	26,76	16,23	13,80	12,35	11,91
4	9,09	15,12	24,98	37,12	49,89	59,78	36,36	30,24	24,98	18,58	16,62	14,94
5	3,13	5,39	8,83	13,83	17,97	21,18	12,53	10,78	8,83	6,92	5,99	5,30

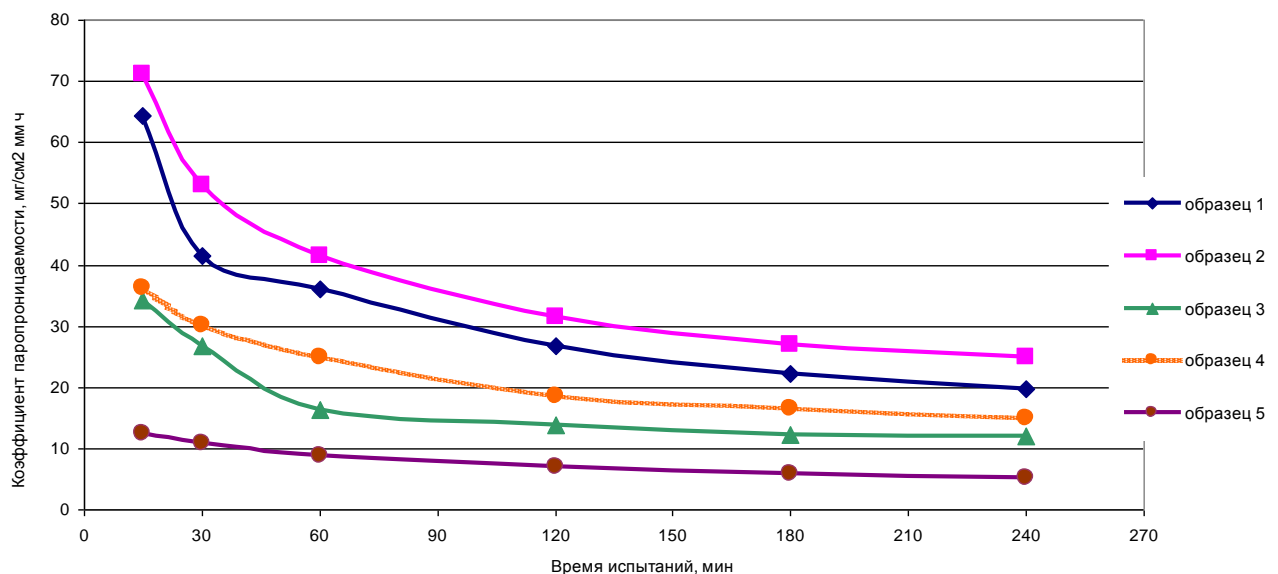


Рисунок – Динамика коэффициента паропроницаемости трикотажных полотен

Анализ результатов исследования показывает, что наиболее высокие значения коэффициента паропроницаемости трикотажных полотен характерны для первого периода испытания (15 минут), в течение которого происходило интенсивное заполнение пористой структуры материала парами влаги. Этим объясняется повышенная паропроницаемость трикотажных полотен на первом этапе исследования. Кроме того, в этом периоде проявляется существенное различие в показателях коэффициента паропроницаемости исследуемых трикотажных полотен, обусловленное особенностями структурных параметров каждого образца. В дальнейшем примерно в течение первого часа наблюдается резкое снижение коэффициента паропроницаемости исследуемых полотен, что связано со скоростью установления сорбционного динамического равновесия в

полотнах разной структуры. В последующий промежуток времени снижение показателей коэффициента паропроницаемости происходит менее динамично, а различия в показателях коэффициента паропроницаемости разных образцов трикотажных полотен менее выражены. Такая тенденция характерна для всех видов исследуемых полотен.

Динамика изменения коэффициентов паропроницаемости во времени для всех исследуемых образцов выражается уравнениями с полиномиальной зависимостью. Например, для второго ( $Y_2$ ) и пятого ( $Y_5$ ) образцов, имеющих соответственно повышенную и пониженную паропроницаемость трикотажных полотен, уравнения имеют следующий вид:

$$y_2 = 72,101 + 0,0014 x^2 - 0,514 x, R^2 = 0,93, \quad (2)$$

$$y_5 = 13,059 + 0,0002 x^2 - 0,0721 x, R^2 = 0,98. \quad (3)$$

Анализ данных уравнений показывает, что коэффициенты в уравнении для второго образца значительно выше, чем у пятого и соответственно коэффициент паропроницаемости у него также выше. Используя приведенные уравнения, можно рассчитать коэффициент паропроницаемости трикотажных полотен за любой промежуток времени.

Для установления математической зависимости показателей паропроницаемости от факторов строения в работе проведен регрессионный анализ результатов исследования. Зависимость показателей паропроницаемости трикотажных полотен ( $Y$ ) от факторов их строения за определенный промежуток времени описывается уравнениями регрессии:

$$Y_1 = 1046,57 - 57 x_1 - 2,84 x_2 - 2,19 x_3 - 1,23 x_4, R^2 = 1, \quad (4)$$

$$Y_2 = 264,87 - 14,17 x_1 - 0,73 x_2 - 0,55 x_3 - 0,31 x_4, R^2 = 1, \quad (5)$$

$$Y_3 = 560,94 - 32,95 x_1 - 1,74 x_2 - 1,07 x_3 - 0,63 x_4, R^2 = 1, \quad (6)$$

$$Y_4 = 1284,18 - 67,14 x_1 - 3,92 x_2 - 2,71 x_3 - 1,37 x_4, R^2 = 1, \quad (7)$$

где  $Y_1$  – показатель паропроницаемости полотен за 4 часа испытания;

$Y_2$  – коэффициент паропроницаемости за 4 часа испытания;

$Y_3$  – коэффициент паропроницаемости за 1 час испытания;

$Y_4$  – коэффициент паропроницаемости за 15 минут;

$x_1$  – толщина полотна, мм;

$x_2$  – плотность петельных столбиков, число петель;

$x_3$  – плотность петельных рядов, число петель на 10 см;

$x_4$  – поверхностная плотность, г/м<sup>2</sup>.

Расчетные показатели прогнозируемой паропроницаемости при очень высоком коэффициенте корреляции, полученные по предложенным уравнениям, весьма близки к экспериментальным данным.

Уравнения регрессии показывают четкую зависимость паропроницаемости трикотажных полотен от показателей их строения. Увеличение значений всех анализируемых факторов ведет к уменьшению паропроницаемости. Коэффициенты уравнения регрессии показывают, что в наибольшей степени снижает паропроницаемость толщина полотна, с увеличением которой паропроницаемость значительно снижается. Плотность полотна влияет на паропроницаемость трикотажа в меньшей степени, причем более весомое влияние оказывает плотность петельных столбиков ( $x_2$ ). Незначительное влияние на паропроницаемость оказывает поверхностная плотность полотна ( $x_4$ ).

Результаты исследования показали, что достаточно высокие показатели паропроницаемости имеет трикотажное полотно переплетения гладь (образец 2), выработанное из хлопчатобумажной пряжи. Незначительно отличается паропроницаемость трикотажного полотна аналогичной структуры (образец 1), имеющего большую толщину полотна и поверхностную плотность. Трикотажное полотно футерованного переплетения (образец 4) несколько уступает по показателю

паропроницаемости образцам 1 и 2, хотя его толщина примерно одинакова и оно изготовлено из того же волокна. Следовательно, футерные перекрытия обеспечивают дополнительное сопротивление водяным парам и соответственно снижение паропроницаемости трикотажного полотна.

Низкий показатель паропроницаемости имеет трикотажное полотно переплетения интерлок (образец 3), что связано с повышенной толщиной образца и содержанием искусственного волокна (20 %) в виде комплексных нитей, снижающих количество внутренних пор по сравнению с пряжей.

Наименьшие показатели паропроницаемости у трикотажного плюшевого полотна (образец 5), что объясняется повышенной толщиной по сравнению с другими полотнами. На поверхности полотна имеется выступающий над грунтом петельный застил, скрывающий сквозные поры, который оказывает внешнее сопротивление водяному пару. Содержание синтетических волокон в полотне – 18 %, что также является причиной пониженной паропроницаемости.

Произвести оценку полученных показателей паропроницаемости возможно путем сравнения с установленными нормами. Однако такие нормы для трикотажа не установлены. К примеру, на ткань для верха специальной одежды для защиты от пониженных температур установлен показатель паропроницаемости не менее 40 мг/см<sup>2</sup>·ч. В исследуемых образцах трикотажных полотен коэффициент паропроницаемости меньше указанного значения, что явно недостаточно для бельевых полотен. Дать оценку полученным результатам исследования затруднительно, так как невозможно провести объективные сравнения паровыводящих свойств разных материалов ввиду отсутствия общепринятой методики определения показателей паропроницаемости.

Таким образом, проблема обеспечения высоких показателей гигиенических свойств одежных товаров остается актуальной. Для ее решения на основе результатов проведенного исследования рекомендуется оптимизировать показатели строения трикотажных полотен, используемых в производстве бельевых изделий, относительно их паропроницаемости. С целью обеспечения повышения паропроницаемости трикотажных полотен для белья необходимо проектировать полотна с оптимальной плотностью и толщиной. Предлагается выработать трикотажные полотна с оптимальной плотностью в пределах 120 – 140 петель на 10 см. Среди исследуемых трикотажных переплетений оптимальным вариантом по паропроницаемости считается гладь.

Доказывается факт преимущественного использования натуральных волокон в целях обеспечения высоких показателей паропроницаемости белья, особенно детского ассортимента. Рекомендуется включение синтетического волокна в состав трикотажного полотна до 18 %, так как паропроницаемость в этом случае изменяется незначительно.

Для защиты интересов потребителей необходимо адаптировать номенклатуру потребительских свойств с учетом социальной значимости товара. Предлагается включить в нормативные документы паропроницаемость в качестве показателя гигиенической безопасности трикотажных бельевых полотен.

#### Список использованных источников

1. Продукция легкой промышленности. Требования безопасности и методы контроля : СТБ 1049 — 97. — Введ. 1998 — 01 — 01. — Минск : Госстандарт, 1998. — 11 с.
2. Гигиенические требования безопасности к отдельным видам продукции для детей, их производству и реализации: Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы. — Введ. 01 — 01 — 2012. — Минск : Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2011. — 63 с.
3. Гигиеническая оценка материалов для одежды (Теоретические основы разработки) / В. П. Склянников, Р. Ф. Афанасьева, Е. Н. Машкова. — Москва : Легпромбытиздат, 1985. — 144 с.

*Статья поступила в редакцию 10.05.2012*