

Научная статья

УДК 677.025

EDN MCJDHO

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-16-23

Марина Валерьевна Зимина<sup>1</sup>

Любовь Леонидовна Чагина<sup>2</sup>

Владислав Викторович Иванов<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

<sup>3</sup>ООО «Термопол», г. Москва,

<sup>1</sup>ziminamv1977@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3360-2206>

<sup>2</sup>lyu-chagina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0351-8177>

<sup>3</sup>i-vlad@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9233-8604>

## ОЦЕНКА ПАРОПРОНИЦАЕМОСТИ СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования характеристик паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями. Установлена целесообразность экспериментальной оценки этих показателей для современного ассортимента курточных тканей данной целевой аудитории. Анализ результатов показал, что значение паропроницаемости зависит от структурных характеристик и волокнистого состава систем материалов и изменяется в широком диапазоне. Сравнительный анализ характеристик паропроницаемости систем материалов позволяет при конфекционировании выбрать рациональный вариант для создания швейных изделий, отличающихся высокой потребительской ценностью с точки зрения обеспечения комфортных условий микроклимата пространства под одеждой в процессе эксплуатации. Результаты экспериментальных исследований могут применяться на стадии проектирования для прогнозирования характеристик паропроницаемости систем материалов курточного ассортимента одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями.

**Ключевые слова:** паропроницаемость, методика, системы материалов, льняной трикотаж, нетканые материалы, адаптивная одежда, люди с ограниченными двигательными возможностями

**Для цитирования:** Зимина М. В., Чагина Л. Л., Иванов В. В. Оценка паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 16–23. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-16-23>.

Original article

Marina V. Zimina<sup>1</sup>,

Lyubov' L. Chagina<sup>2</sup>,

Vladislav V. Ivanov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Kostroma State University, Kostroma, Russia

<sup>3</sup>LLC “Thermopol”, Moscow, Russia

## EVALUATION OF STEAM PERMEABILITY OF MATERIALS SYSTEMS FOR ADAPTIVE CLOTHING OF PEOPLE WITH LIMITED MOTOR CAPABILITIE

**Abstract.** The article presents the results of a study of the characteristics of vapour permeability of materials systems for adaptive clothing of people with motor disabilities. The expediency of experimental evaluation of these indicators for the modern range of jacket fabrics of this target audience has been established. The analysis of the results showed that the value of vapour permeability depends on the structural characteristics and fibrous composition of the material systems and varies in a wide range. A comparative analysis of the characteristics of the vapour permeability of the material systems allows, during confection, to choose a rational option for creating garments that are characterised by high consumer value from the point of view of providing comfortable microclimate conditions of the space under the clothes during operation. The results

*of experimental studies can be used at the design stage to predict the characteristics of vapour permeability of systems of materials of the jacket assortment of clothing for people with disabilities.*

**Keywords:** *steam permeability, technique, material systems, linen knitwear, nonwoven materials, adaptive clothing, people with limited motor disabilities*

**For citation:** Zimina M. V., Chagina L. L., Ivanov V. V. Evaluation of steam permeability of materials systems for adaptive clothing of people with limited motor capabilities. *Technologies & Quality*. 2022. Nr 2(56). P. 16–23. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-16-23>.

Качество жизни людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) в значительной степени определяется обоснованным выбором одежды, учитывающим ряд комплексных показателей [1–3]. Значимыми характеристиками являются функциональность и эргономичность, которые напрямую зависят от рационально сконструированной системы материалов адаптивной одежды [4, 5].

Одной из наиболее уязвимых категорий людей с ОВЗ являются маломобильные граждане, для которых эргономические и эксплуатационные требования к системе материалов можно считать основополагающими ввиду специфики заболевания. Вследствие структурно-функциональных изменений центральной и периферической нервной системы, а также нарушения деятельности внутренних органов и систем инвалиды-колясочники постоянно чувствуют недостаток тепла в нижних конечностях. Для этой категории людей особенно важно решить проблему конфекционирования материалов, заключающуюся в создании теплового комфорта и поддержании его за счет использования эффекта терморегуляции. Одним из свойств, обеспечивающих нормальные условия жизнедеятельности организма человека в пододежном пространстве, является удаление испарений через системы материалов. Недостаточный уровень паропроницаемости материалов одежды ведет к задержанию паров, выделяемых телом человека в пододежном пространстве, увлажнению одежды и снижению ее теплозащитных свойств, что в итоге приводит к переохлаждению организма в целом. Пары воды проникают через поры аналогично воздуху, а также в результате сорбции паров одной стороной материала из среды с повышенной влажностью воздуха и десорбции с другой стороны изделия в среду с пониженной влажностью. Соотношение количества пара, проходящего через систему материалов, напрямую зависит от структуры тканей, волокнистого состава и их сорбционных способностей.

Особенности адаптивной одежды, изготовленной из современных материалов с использованием различных покрытий, требуют комплексных исследований паропроницаемо-

сти. Полученные результаты могут использоваться при прогнозировании качества систем материалов адаптивной одежды и оценке комфортных условий микроклимата пространства под одеждой в процессе носки.

В результате анализа методов и средств определения паропроницаемости мембранных текстильных материалов выявлено, что во многих литературных источниках показана сложность измерения показателя, зависимость его фактических значений от условий эксперимента и неоднозначность интерпретации результатов [6–14]. Методы различаются условиями испытания, способами измерения, а также применяемыми методиками расчета. Все методы измерения паропроницаемости предусматривают создание разности парциальных давлений водяного пара по обеим сторонам образца. Их можно разделить на методы, в которых применяются перепады температур по сторонам образца; методы, не создающие температурного ингредиента; методы, в которых исследования производятся при неподвижном наружном воздухе; методы, в которых создается заданная скорость движения наружного воздуха [14].

Для производства адаптивной одежды курточного ассортимента используют различные материалы. При разработке систем материалов необходимо учитывать свойство каждого компонента. В целом пакетное решение должно способствовать поддержанию комфортного теплового состояния человека с ограниченными двигательными возможностями за счет оптимального пододежного микроклимата. Одним из условий нормального теплообмена организма является сорбция/десорбция водяных паров системами материалов адаптивной одежды.

Для исследования паропроницаемости выбраны образцы популярных курточных тканей (табл. 1) и утепляющих материалов отечественных производителей, сформированы пакетные решения (табл. 2).

Представленные ткани курточного ассортимента имеют одностороннее полиуретановое покрытие, обеспечивающее водонепроницаемость и ветрозащитные свойства. В структуру

некоторых из них для усиления прочности вложены армированные нити. В качестве второй составляющей системы материалов для адаптивной одежды людей с ОВЗ выбраны различные виды утепляющих нетканых материалов (НМ) на полиэфирной основе отечественного производителя ООО «Термопол», выпускающего продукцию торговой марки Холлофайбер®. Поверхностная плотность утепляющих материалов составляет 150 г/м<sup>2</sup>. Для подкладочного слоя предложено ввести в систему материалов льняной трикотаж ввиду особенностей льноволокна придавать материалам терморегулирующие функции, гигроскопичность, низкую электризуемость, устойчивость к трению и многократным изгибам.

Используемая методика исследования паропроницаемости основана на создании по обе стороны испытываемого образца сред с различной влажностью и измерении количества водяных паров, проходящих через материал. Определение паропроницаемости производилось исходя из уменьшения веса стакана с водой, плотно закрытого образцом и помещенного в климатическую камеру с нормируемой влажностью воздуха и температурой. Для приближения условий эксперимента к эксплуатационным условиям испытания проведены при температуре 35...36 °С. Испытания проводились в течение 24 ч с измерением паропроницаемости через каждый час. Промежуточные значения исследуемых показателей с интервалом в 4 ч приведены в табл. 3.

Таблица 1

Характеристики исследуемых материалов

Наименование материала	Переплетение	Вид покрытия	Поверхностная плотность $M_s$ , г/м <sup>2</sup>
Оксфорд R/S	Полотняное, с добавлением армированной нити	Без покрытия	232
Оксфорд R/СПУ	Полотняное, с добавлением армированной нити	Одностороннее полиуретановое	249
Дюспо 240Т	Полотняное	Одностороннее полиуретановое	71
Ткань с мембранным покрытием	Саржевое	Одностороннее полиуретановое	150

Таблица 2

Пакетные решения систем материалов

Номер системы материалов	Компоненты системы материалов
1	Оксфорд R/S + ХоллофайберТермо + льняной трикотаж
2	Оксфорд R/СПУ + ХоллофайберТермо + льняной трикотаж
3	Дюспо 240Т + ХоллофайберТермо + льняной трикотаж
4	Материал с мембранным покрытием + ХоллофайберТермо + льняной трикотаж
5	Оксфорд R/S + ХоллофайберПрофиМикро + льняной трикотаж
6	Оксфорд R/СПУ + НМХоллофайберПрофиМикро + льняной трикотаж
7	Дюспо 240Т + ХоллофайберПрофиМикро + льняной трикотаж
8	Материал с мембранным покрытием + ХоллофайберПрофиМикро + льняной трикотаж
9	Оксфорд R/S + ХоллофайберСофт + льняной трикотаж
10	Оксфорд R/СПУ + ХоллофайберСофт + льняной трикотаж
11	Дюспо 240Т + ХоллофайберСофт + льняной трикотаж
12	Материал с мембранным покрытием + ХоллофайберСофт + льняной трикотаж

Таблица 3

Показатели паропроницаемости систем материалов

Номер системы	Коэффициент паропроницаемости $B_n$ , г/(м <sup>2</sup> ·ч)							$\Delta$ , г	$A$ , г/м <sup>2</sup> /24 ч	$B_o$ , %
	1	5	9	13	17	21	24			
1	677,7	437,2	389	367,2	359,7	352,6	349,9	16,48	8397,5	32,6
2	570,70	273,1	255,9	244,2	238,3	237,8	236,5	11,14	5676,4	22,0
3	580,9	179,3	144,3	130,5	123,2	117,9	116,8	5,5	2802,5	10,9
4	682,8	371	329,5	311,2	300	294,3	293,8	13,84	7052,2	27,4
5	280,3	224,2	221,4	217,9	213,4	216,4	216,6	10,2	5197,5	20,2
6	676,4	281,5	84,4	84,6	85	85,7	86,2	4,06	2068,8	8,1
7	606,4	175,2	129,7	111,3	104,3	982,7	95,5	4,5	2293,0	8,9
8	759,2	291,5	245,2	229,2	217,9	213,5	209,6	9,87	5029,3	19,5
9	713,4	296,6	248,5	228,1	217,9	211,1	209,8	9,88	5034,4	19,5
10	631,8	258,9	192,5	174,8	166	160,1	159	7,49	3816,6	14,8
11	631,8	194,6	148,9	130,9	123,2	116,5	114,4	5,39	2746,5	10,7
12	759,2	417,8	315,4	275,9	251,5	239,2	230,8	10,87	5538,9	21,5

Для оценки паропроницаемости систем материалов использовались следующие показатели.

*Коэффициент паропроницаемости  $B_h$* , позволяющий оценить количество водяных паров, прошедших через единицу площади материала в единицу времени:

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

где  $m$  – масса испарившейся влаги, г;

$S$  – площадь пробы;  $m^2$ ;

$t$  – время испытания, ч.

*Относительная паропроницаемость  $B_o$* , %, определяющая процентное отношение количества паров воды, прошедших через материал, к количеству воды, испарившейся из открытого сосуда.

*Показатель  $A$*  (в некоторых работах называемый абсолютной паропроницаемостью), наиболее распространенный в зарубежных методиках и определяющий количество пара (г), прошедшего через  $1 m^2$  за 24 ч.

*Показатель  $\Delta$* , г, отражающий количество испаренной воды за время проведения испытания (рис. 1). Угол отклонения кривой от горизонтальной оси, проведенной к начальной точке ис-

пытания, является косвенной характеристикой паропроницаемости: чем больше угол, тем больше паропроницаемость системы материалов.

Анализ полученных результатов подтверждает наличие трех этапов процесса изменения паропроницаемости материалов в течение времени испытания [13, 14]. Наиболее высокое значение коэффициента паропроницаемости систем материалов (рис. 2) характерно для начального периода испытаний, в течение которого происходит интенсивное заполнение льняного подкладочного материала парами влаги. Это связано с особенностями строения трикотажного полотна и его волокнистым составом. На следующем этапе наблюдается уменьшение величины коэффициента паропроницаемости. Снижение коэффициента паропроницаемости исследуемых систем материалов определяется с установлением сорбционного динамического равновесия в полотнах разной структуры, при этом изменение скорости передачи влаги менее выражено. Последний этап характеризуется установившимся режимом процесса влагопереноса через системы материалов и постоянной величиной коэффициента паропроницаемости. Характер изменения анализируемого показателя паропроницаемости аналогичен для всех исследуемых систем материалов.

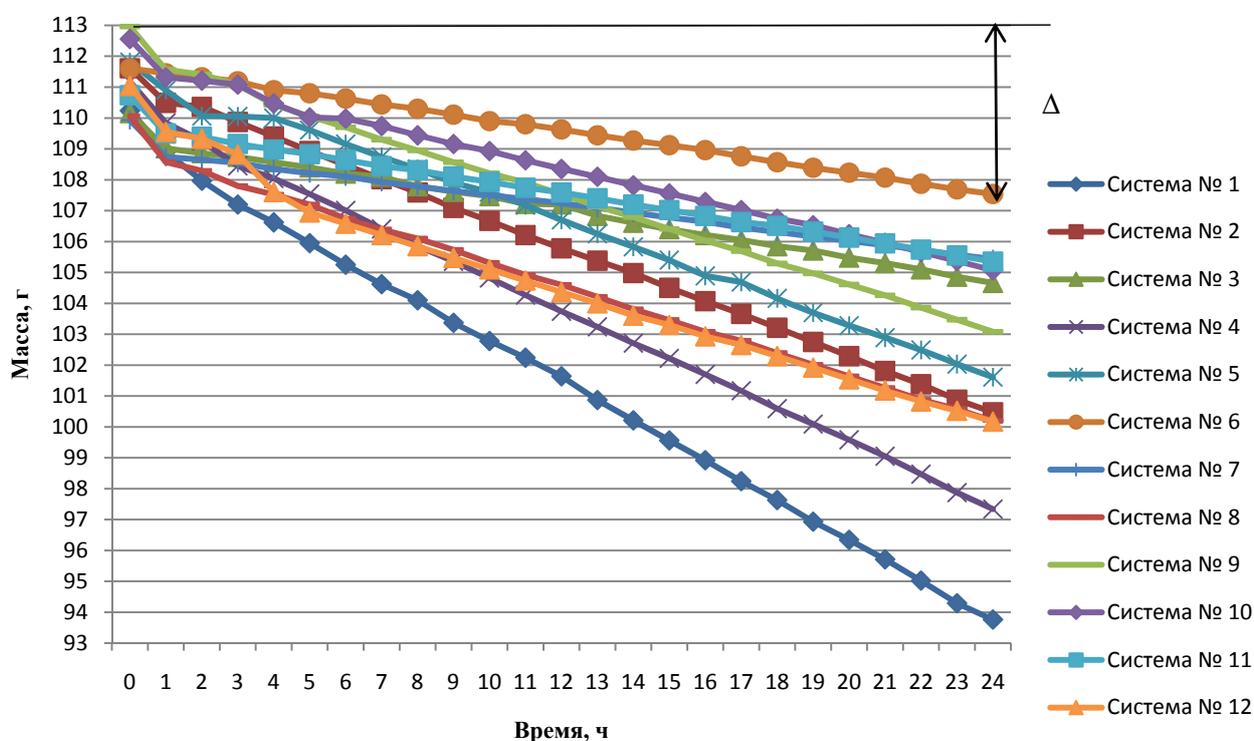


Рис. 1. Динамика изменения массы паров воды

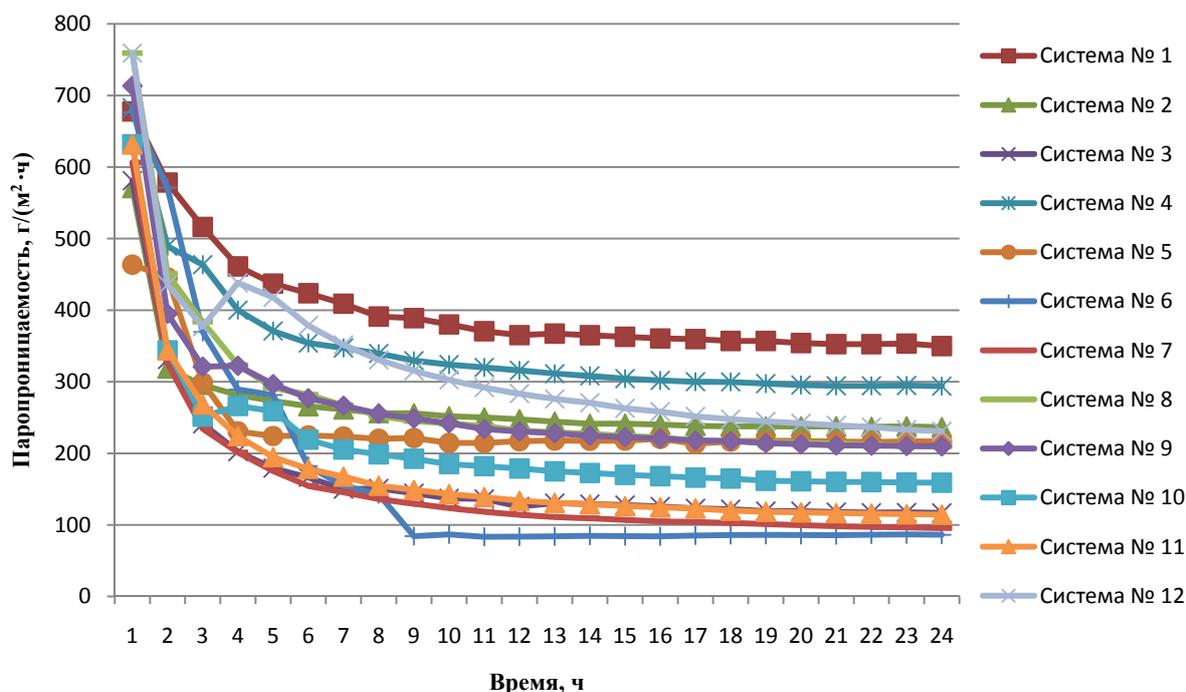


Рис. 2. Динамика коэффициента паропроницаемости

Следует отметить, что в настоящее время норм коэффициентов паропроницаемости систем материалов для одежды, включая адаптивную, не существует. Установленной нормой показателя паропроницаемости ткани верха специальной одежды для защиты от пониженных температур является значение не менее 400 г/(м²·ч). Скорость передачи влаги в исследуемых системах за первый час составляет 76,4...677,7 г/(м²·ч). Средние значения коэффициентов паропроницаемости за сутки находятся в диапазоне 86,2...349,9 г/(м²·ч). Различия в показателях коэффициента паропроницаемости обусловлены характеристиками строения и волокнистым составом каждой системы материалов.

Относительная паропроницаемость исследуемых объектов составляет 8,1...32,6 % (рис. 3), в половине случаев, попадая в интервал 20...50 %, указанный Н. А. Архангельским для тканей. Минимальная проницаемость отмечается у систем материалов № 3, 7, 11 с тканью верха Дюспо 240Т со значениями  $B_o = 10,9; 8,9; 10,7$  % соответственно для пакетных решений с утепляющими материалами: ХоллофайберТермо, ХоллофайберПрофиМикро, ХоллофайберСофт. Система материалов № 6 с тканью верха Оксфорд R/S/ПУ обладает самой наименьшей проницаемостью со значением  $B_o = 8,02$  %, что обусловлено сочетанием полиуретанового покрытия материала верха и двустороннего каландрирования прокладочного материала.

Максимальной паропроницаемостью обладают системы материалов № 1, 5, 9 с тканью

верха Оксфорд R/S без полиуретанового покрытия (соответственно  $B_o = 32,6; 20,2; 19,5$  %) и системы с тканью с мембранным покрытием № 4, 8, 12 (соответственно  $B_o = 27,4; 19,5; 21,5$  %).

Отличительной особенностью мембранных материалов, определяющей их потребительскую ценность для создания одежды людей с ограниченными двигательными возможностями, является наличие полимерного мембранного слоя, который обеспечивает селективную проницаемость слоистого материала по отношению к влаге. Учитывая в комплексе паропроницаемость и водонепроницаемость систем материалов с тканью верха Оксфорд R/S и курточной ткани с мембранным покрытием, предпочтение для конфекционирования материалов в пакет одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями следует отдать мембранной ткани.

Анализируя влияние вида утепляющего материала, можно сделать вывод о наличии следующей закономерности: пакетные решения с неткаными материалами Холлофайбер в зависимости от вида НМ в порядке увеличения значения исследуемого свойства образуют ряд: ПрофиМикро, Софт, Термо. Для обеспечения более комфортного состояния в пододежном слое рекомендуется использовать утепляющий материал ХоллофайберТермо.

Существует рекомендуемое для мембранных тканей значение паропроницаемости, равное 5000 г/м²/24 ч при проведении испытаний методом вертикально стоящей чаши [6, 11]. Ко-

личество пара, прошедшего через  $1 \text{ м}^2$  исследуемых систем за сутки находится в пределах  $2068,8...8397,5 \text{ г/м}^2/24 \text{ ч}$ .

На основе обработки данных экспериментальных исследований получены уравнения (в виде степенной функции, полинома второй и третьей степени), определяющие зависимость

изменения коэффициентов паропроницаемости. В табл. 4 в качестве примера приведены уравнения для систем № 1 и № 4. Достоверность аппроксимации  $R^2$  находится в пределах  $0,86...0,98$ . Полученные уравнения позволяют вычислить коэффициент паропроницаемости систем материалов в любой момент времени.

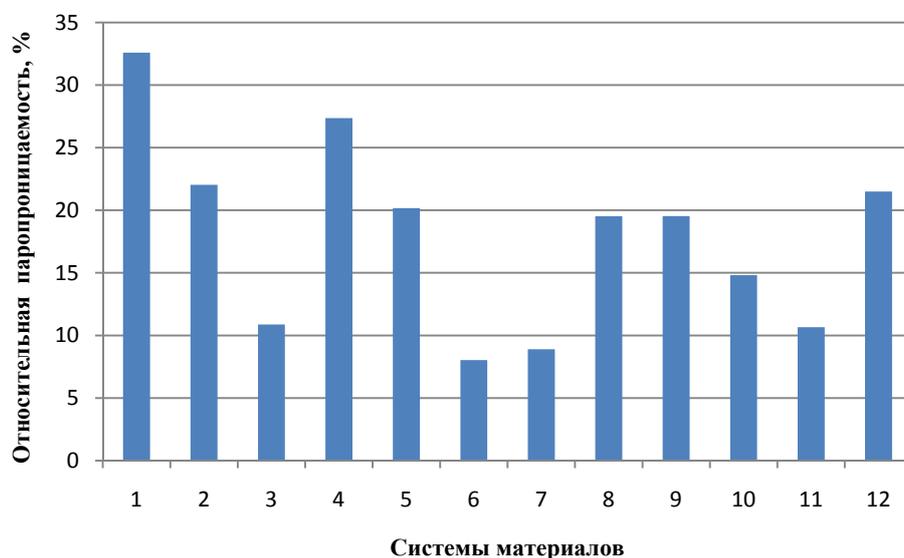


Рис. 3. Относительная паропроницаемость систем материалов

Т а б л и ц а 4

Примеры математических зависимостей

Система материалов № 1	Система материалов № 4
$B_h = -0,1t^3 + 5,03t^2 - 77,5t + 740,1$ ( $R^2 = 0,98$ )	$B_h = -0,14t^3 + 6,57t^2 - 98,3t + 758,8$ ( $R^2 = 0,97$ )
$B_h = 1,15t^2 - 39,9t + 672,61$ ( $R^2 = 0,90$ )	$B_h = 1,42t^2 - 48,24t + 669,02$ ( $R^2 = 0,86$ )
$B_h = 647,2 t^{-0,21}$ ( $R^2 = 0,97$ )	$B_h = 632,48 t^{-0,265}$ ( $R^2 = 0,94$ )

Таким образом, в результате проведенных испытаний выявлены системы материалов, которые по показателям паропроницаемости могут применяться для изготовления адаптивной одежды. Наиболее рациональной из исследуемых систем материалов является пакетное решение, включающее материал с мембранным покрытием, утепляющий материал ХоллофайберТермо и льняное трикотажное полотно. Преимуществом, определяющим их потребительскую ценность, является обеспечение комфортных условий микроклимата пространства под одеждой в процессе эксплуатации.

## ВЫВОДЫ

1. Показано, что одним из основных показателей качества систем материалов для адаптивной одежды, позволяющим установить ди-

намику изменения влажности в пододежном пространстве и влияющим на ощущение комфорта, является паропроницаемость.

2. Проведены комплексные исследования характеристик паропроницаемости, результаты которых позволяют грамотно и обоснованно подходить к вопросам конфекционирования материалов в пакеты одежды для людей с ОВЗ. Выявлена рациональная система материалов курточного ассортимента адаптивной одежды, с точки зрения обеспечения комфортных условий микроклимата пространства под одеждой в процессе эксплуатации.

3. Исследована динамика скорости передачи водяного пара через системы материалов и получены математические зависимости изменения коэффициента паропроницаемости от времени, позволяющие прогнозировать характеристики исследуемого свойства.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зими́на М. В., Чаги́на Л. Л. Анализ специфических особенностей адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 11–17.
2. Зими́на М. В., Чаги́на Л. Л. К вопросу создания одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020) : сб. статей Междунар. науч.-техн. конф. М. : РГУ, 2020. Ч. 2. С. 116–119.
3. Зими́на М. В., Груздева А. П., Чаги́на Л. Л. Методика исследования и прогнозирования характеристик жесткости при изгибе материалов для проектирования адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями // Технологии и качество. 2021. № 4(54). С. 22–29.
4. Зими́на М. В., Чаги́на Л. Л. Конфекционирование материалов для адаптивной одежды // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. : в 2 ч. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2021. Ч. 2. С. 30–33.
5. Чаги́на Л. Л., Смирнова Н. А. Влияние свойств исходных компонентов пакета одежды на качество готового изделия // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2008. № 17. С. 45–48.
6. Панкевич Д. К., Черкасова Т. С. Структура и свойства водозащитных мембранных текстильных материалов для одежды // Материалы и технологии. 2021. № 1(7). С. 35–42.
7. Tehrani-Bagha A. R. Waterproof breathable layers – A review // Colloid and Interface Science. 2019. Nr 268. P. 114–135.
8. Williams J. T. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing. Elsevier : Wood head Publishing Ltd, 2018. 590 p.
9. Светлов Ю. В. Термовлажностные процессы в материалах и изделиях легкой промышленности : учеб. пособие для вузов. М. : Академия, 2003. 384 с.
10. Самыгин В. К. Определение влагопроводности текстильных материалов при гигиенической оценке одежды // Исследование свойств химических и натуральных нитей, пряжи и тканей из них. М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1981. С. 87–90.
11. Буркин А. Н., Панкевич Д. К. Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов : монография / под общ. ред. А. Н. Буркина. Витебск : ВГТУ, 2020. 190 с.
12. Влияние эксплуатационных факторов на паропроницаемость мембранных тканей и пакетов одежды / В. И. Бесшапошникова, Н. А. Климова, Н. В. Бесшапошникова, Н. Е. Ковалева // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 6(390). С. 51–54.
13. Дрозд М. И., Марцинкевич Т. Ф., Михалко М. Н. Оценка паропроницаемости трикотажных бельевых полотен // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2012. № 2(23). С. 34–40.
14. Луньков М. А., Куличенко А. В. Разработка экспресс-метода оценки паропроницаемости текстильных полотен // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. № 3. С. 24–26.

## REFERENCES

1. Zimina M. V., Chagina L. L. Analysis of the range of adaptive clothing for people with motor disabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;3(53):11–17. (In Russ.)
2. Zimina M. V., Chagina L. L. On the issue of creating clothes for people with disabilities. *Dizajn, tekhnologii i innovacii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (Innovacii-2020): sb. st. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Design, technologies and innovations in textile and light industry (Innovations-2020): collection of articles of International Scientific and Technical conf.]. Moscow, Russian State University Publ., 2020;2:116–119. (In Russ.)
3. Zimina M. V., Gruzdeva A. P., Chagina L. L. Methodology for the study and prediction of stiffness characteristics during bending trials for the design of adaptive clothing for people with motor disabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;4(54):22–29. (In Russ.)
4. Zimina M. V., Chagina L. L. Confection of materials for adaptive clothing. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologij : sb. st. Vseros. nauch.-prakt. konf. : v 2 ch.* [Scientific research and development in the field of design and technology materials: collection of articles of the All-Russian Scientific and practical Conference]. Kostroma, Kostrom. State University Publ., 2021;2:30–33. (In Russ.)
5. Chagina L. L., Smirnova N. A. The influence of the properties of the initial components of the clothing package on the quality of the finished product. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tehnologi-*

- cheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2008;17:45–48. (In Russ.)
6. Pankevich D. K., Cherkasova T. S. Structure and properties of waterproof membrane textile materials for clothing. *Materials and technologies* [Materials and technologies]. 2021;1(7):35–42. (In Russ.)
  7. Tehrani-Bagha A. R. Waterproof breathable layers (a review). *Colloid and Interface Science*. 2019;268: 114–135.
  8. Williams J. T. *Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing*. Elsevier, Wood head Publishing Ltd, 2018. 590 p.
  9. Svetlov Yu. V. *Thermal moisture processes in materials and products of light industry*. Moscow, Academy Publ., 2003. 384 p.
  10. Samygin V. K. Determination of hydraulic conductivity of textile materials in hygienic evaluation clothes // The study of the properties of chemical and natural fibers, yarns and fabrics made from them. Moscow, TsNIITEILegprom Publ., 1981. P. 87–90.
  11. Burkin A. N., Pankevich D. K. Hygienic properties of membrane textile materials. Vitebsk, Vitebsk St. Technol. Univ. Publ., 2020. 190 p. (In Russ.)
  12. Beshaposhnikova V. I., Klimova N. A., Beshaposhnikova N. V., Kovaleva N. E. The influence of operational factors on the vapor permeability of membrane fabrics and clothing packages\*. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2020;6(390):51–54. (In Russ.)
  13. Drozd M. I., Martsinkevich T. F., Mikhalko M. N. Assessment of vapor permeability of knitted linen cloths\*. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Vitebsk State Technological University]. 2012;2(23):34–40. (In Russ.)
  14. Lunkov M. A., Kulichenko A. V. Development of an express method for assessing the vapor permeability of textile fabrics. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2007;3:24–26. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 20.04.2022

Принята к публикации 19.05.2022

---

\* Перевод названия источника выполнен авторами статьи / Translated by author's of the article.