

НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шеромова И.А.¹, Старкова Г.П.¹, Железняков А.С.²

¹ Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, г. Владивосток, Россия (690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41), e-mail: Irina.Sheromova@vvsu.ru

² Новосибирский технологический институт (филиал) Московского государственного университета дизайна и технологии, г. Новосибирск, Россия (630073, г. Новосибирск, Красный пр., 35), e-mail: gas@ntimgudt.ru

Объектом исследования статьи является метод оценки воздухопроницаемости волокнистых материалов и техническое решение прибора для его реализации. Цель работы – автоматизировать процесс и повысить точность определения показателей воздухопроницаемости волокнистых материалов. Для достижения поставленной цели в работе решен комплекс задач, связанных с анализом существующих технических средств, выявлением потенциально возможных решений поставленной проблемы, разработкой нового патентоспособного технического решения устройства для оценки воздухопроницаемости. В ходе проекта разработано техническое решение прибора для исследования воздухопроницаемости волокнистых материалов, обеспечивающее возможность приблизить условия проведения эксперимента к реальным условиям эксплуатации изделий, автоматизировать процесс исследования и повысить точность получаемых результатов. Кроме того, предлагаемое решение обеспечивает расширение технологических возможностей и повышение гибкости процедуры процесса с возможностью формирования баз данных на электронных носителях информации, а также открывает возможности создания алгоритмических манипуляторов для исследования воздухопроницаемости разного вида легко деформируемых композитных материалов.

Ключевые слова: воздухопроницаемость, волокнистые материалы, эргономические свойства, прибор для исследования свойств материалов.

NEW METHOD FOR ASSESSING AIR PERMEABILITY OF FIBROUS MATERIALS

Sheromova I.A.¹, Starkova G.P.¹, Zheleznyakov A.S.²

¹ Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, Russia (690014, Vladivostok, Gogolya street, 41), e-mail: Irina.Sheromova@vvsu.ru

² Novosibirsk Technological Institute of Moscow State University of Design and Technology, Novosibirsk, Russia (630073, Novosibirsk, Red ave., 35), e-mail: gas@ntimgudt.ru

Object of research of article is the technical solution of the device for research of air permeability of fibrous materials. The work purpose – to automate process and to increase the accuracy of definition of indicators of air permeability of fibrous materials. For achievement of a goal in work the complex of the tasks connected with the analysis of the existing technical means, detection of potentially possible solutions of the put problem, development of a new patentable technical solution of the device for an air permeability assessment is solved. During the project the technical solution of the device for research of air permeability of fibrous materials providing opportunity to approach conditions of carrying out experiment to real service conditions of products to automate process of research and to increase the accuracy of the received results is developed. Besides, the proposed solution provides expansion of technological capabilities and increase of flexibility of procedure of process with possibility of formation of databases on electronic media of information, and also opens possibilities of creation of algorithmic manipulators for research of air permeability of a different type of easily deformable composite materials.

Keywords: air permeability, fibrous materials, ergonomic properties, the device for research of properties of materials.

Комплекс потребительских требований, предъявляемых к одежде и другим изделиям легкой промышленности, как один из важнейших групповых показателей качества включает эргономические показатели, определяющие комфортность выпускаемого изделия. Гигиенические показатели формируют основную часть данных требований и зависят, прежде всего, от показателей физических свойств материалов, таких как гигроскопичность, воздухо-

и паропроницаемость, влагоемкость и других [1, 2]. Причем воздухопроницаемость материалов учитывается в независимости от ассортиментной группы изделия. Для многих одежных материалов воздухопроницаемость относится к нормируемым показателям качества [2–4], а значит, подлежит определению в процессе различных видов контроля качества, в том числе при входном контроле качества материалов на предприятии, при выборе материалов в пакет изделия, при гигиенической оценке свойств материалов и готовых изделий органами Госсанэпиднадзора, при проведении процедуры подтверждения соответствия требованиям безопасности и качества аккредитованными испытательными лабораториями и органами по сертификации. При этом одним из основных требований, предъявляемых к процедуре контроля, является точность и достоверность получаемой информации о фактических значениях показателя воздухопроницаемости, как, впрочем, и других контролируемых свойств. Выполнение указанных требований возможно только при использовании должного уровня технических средств контроля.

Цель статьи заключается в автоматизации процесса и повышении точности определения показателей воздухопроницаемости волокнистых материалов – одного из важнейших свойств материалов, обеспечивающих выполнение эргономических требований к швейным изделиям.

Материал и методы исследований

Объектом исследования статьи является метод оценки воздухопроницаемости волокнистых материалов и техническое решение прибора для его реализации. В работе использовались общетеоретические методы научных исследований и общепромышленные подходы к разработке технических решений испытательного оборудования.

Результаты исследования и их обсуждение

В общепринятом классическом варианте физическая воздухопроницаемость принимается как проницаемость пористой среды при истечении через неё однородного газа, количественно оцениваемая коэффициентом проницаемости, устанавливающим пропорциональность скорости истечения воздушной среды через материал, и определяется массовым расходом воздуха при заданном градиенте давления между внешней и внутренней стороной материала, приходящимся на единицу его площади [5].

Анализ существующих приборов для определения показателей воздухопроницаемости [5, 7–10] показал, что их перечень достаточно ограничен. Кроме того, они характеризуются рядом свойств, которые, определяя метрологические характеристики приборов, не обеспечивают требуемый уровень точности и достоверности получаемой информации. Это обуславливает необходимость совершенствования технической базы для исследования воздухопроницаемости.

Задачей разработки является упрощение способа оценки воздухопроницаемости волокнистых материалов посредством аналитических расчётов истечения воздуха в соответствии с законом Менделеева – Клайперона и связанное с этим расширение технологических возможностей и повышение гибкости процедуры процесса с возможностью формирования баз данных на электронных носителях информации.

Решение поставленной задачи достигается тем, что способ оценки воздухопроницаемости, включающий равномерное распределение давления на пробу и истечения воздуха из пневмокамеры с фиксируемым объёмом через площадь пробы, заключается в определении текущего коэффициента расхода воздуха при изменяющемся перепаде давления вплоть до наступления его установившегося значения между двумя пневмокамерами, и непрерывном расчёте показателя воздухопроницаемости с обработкой и записью информации в режиме реального времени на электронный носитель посредством процессора и контроллера, коммутированного с манометрами по заданному алгоритму:

$$\mu = \frac{\Omega \sqrt{\frac{2}{RT}} \left(\ln \frac{P_{20}}{P_1} \right)}{tS}, \quad (1)$$

$$V_2 = \sqrt{2RT \frac{k}{k-1} \left[1 - \left(\frac{P_1}{\rho_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, \quad (2)$$

$$\rho_2 = \rho_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}}, \quad (3)$$

$$\rho_1 = \frac{P_1}{RT}, \quad (4)$$

$$G = V_2 \rho_2 S \mu, \quad (5)$$

где μ – коэффициент расхода воздуха через пробу; Ω – объём камеры истечения воздуха вследствие градиента перепада давления; R – универсальная газовая постоянная; T – температура воздуха в K^0 ; P_1 и P_{20} – соответственно давление в пневмокамерах, фиксируемые в исходном состоянии и считываемые в реальном режиме времени в ходе процесса воздухообмена; t – фиксируемая текущая продолжительность процесса в ходе истечения воздуха из одной пневмокамеры в другую вследствие наличия перепада давления, фиксируемая таймером; S – площадь пробы, через которую происходит истечение воздуха; V_2 – скорость истечения воздуха через пробу в пневмокамеру с меньшим давлением; ρ_1 и ρ_2 – плотности воздуха в исходной и приёмной пневмокамерах в ходе процесса; k – показатель

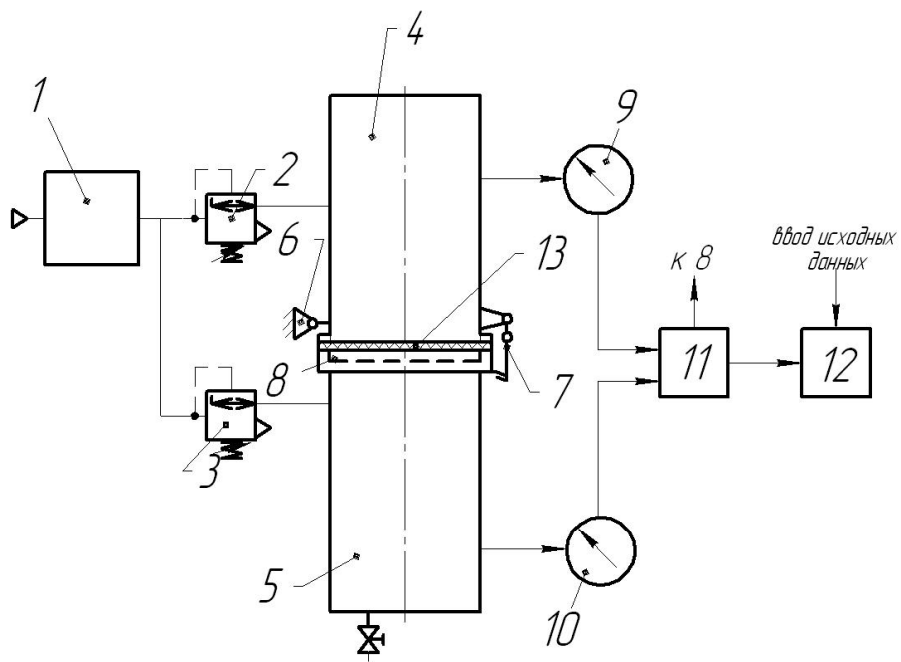
адиабаты; G – расход воздуха через активную площадь S рабочей части исследуемого образца.

С учётом того, что воздухопроницаемость зависит от коэффициента расхода через исследуемый материал, то фиксируемая таймером продолжительность (t) истечения воздуха из одной камеры в другую вследствие градиента давления является информативным параметром расходной характеристики, т. е. контролируется процесс изменения перепада давления посредством электронных манометров в двух сообщающихся между собой камерах, разделённых исследуемой пробой.

На рисунке 1 представлена структурно-кинематическая схема реализации способа, на рисунке 2 отображён процесс изменения перепада давления в пневмокамерах.

Структурно-кинематическая схема способа (рисунок 1) содержит блокподготовки воздуха 1, редукторы давления 2 и 3, пневмокамеры 4 и 5, опора 6 с шарниром и возможностью поворота пневмокамеры 4 при загрузке и выгрузке пробы, рычажный элемент 7 для фиксации относительного положения пневмокамер 4 и 5 в герметичных условиях их внутреннего пространства, центральный затвор – шторка 8 механического типа с замыкающимися поворотного типа сегментами, цифровые манометры 9 и 10, микроконтроллер 11 и процессор 12. Способ реализуется следующим образом: после установки пробы 13 и фиксирования камеры 4 относительно камеры 5 рычагами 7 срабатывают датчики подтверждения герметичности положения образца между пневмокамерами. При подтверждении герметичности фиксации относительного положения камер процессором 12 через контроллер 11 формируется команда на закрытие затвора – шторки 8 и на заполнение воздухом пневмокамер 4 и 5 по условиям необходимого перепада давления, измеряемого посредством электронных манометров 9 и 10, коммутированных через контроллер 11 с процессором 12.

После завершения процесса подготовки и проверки показаний цифровых манометров 9 и 10 и записи информации в процессор подаётся команда подачи через блок подготовки воздуха 1 и редукторы давления 2 и 3 в пневмокамеры 4 и 5 до достижения задаваемого исходного перепада давления ($P_0 = P_1 - P_2^0$) как по условию обеспечения требований ГОСТ 12088-77, так и с возможностью варьирования перепадами давления, что обеспечивается предварительной настройкой редукторов давления 2 и 3.



Поз. 8

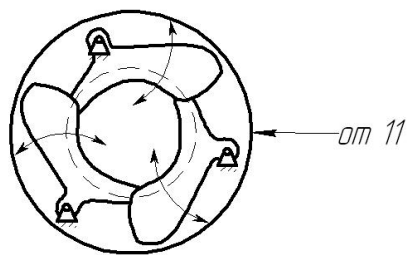


Рисунок 1. Структурно-кинематическая схема реализации способа

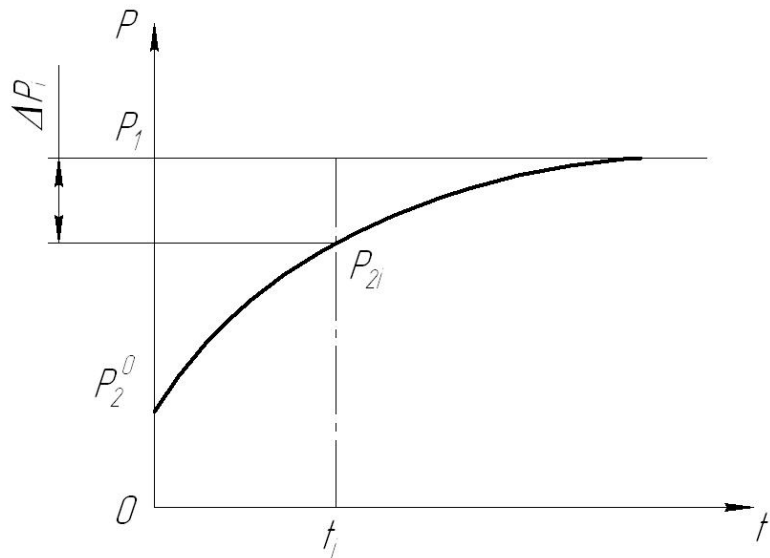


Рисунок 2. Процесс изменения перепада давления в пневмокамерах

Следовательно, в предлагаемом способе не обязательно устанавливать значения перепадов давления только в соответствии с требованиями ГОСТ12088-77, так как воздухопроницаемость того или иного материала при прочих равных условиях зависит от коэффициента расхода воздуха (μ) через исследуемый образец и соответственно от скорости истечения воздуха из камеры с повышенным избыточным давлением в камеру с более низким исходным давлением воздуха, например, не равным атмосферному значению.

Для обеспечения более высокой чувствительности и точности оценки коэффициента расхода (μ) и сокращения продолжительности процесса требуемый и допустимый перепад давления ($\Delta P_i = P_1 - P_{2i}^0$) может устанавливаться и отличаться относительно других первоначальных значений истечения воздуха до достижения задаваемого или требуемого баланса (например, равенства давлений) в обеих пневмокамерах.

При достижении требуемого или полного баланса давлений в обеих камерах, сообщающихся через материал образца, сигналы поступают через микроконтроллер 11 в процессор 12.

Посредством таймера определяется и фиксируется продолжительность истечения воздуха через исследуемую пробу, формируются показания воздухопроницаемости в единицах продолжительности процесса истечения воздуха для конкретных видов материала и значений перепада давления в пневмокамерах, а также информация в текущем режиме процесса от цифровых манометров 9 и 10.

Процессор 12 непрерывно в реальном режиме времени фиксирует продолжительность (t), изменение перепада давления и выполняет расчёт расхода воздуха через единицу площади образца по формулам (1–5), как общепринятый показатель оценки воздухопроницаемости, определяемый прямым методом в соответствии с рекомендациями ГОСТ 12088-77.

Таким способом формируется база данных расходных характеристик и воздухопроницаемости на электронных носителях информации для разных видов материалов в режиме реального времени и динамические характеристики расхода для разных перепадов давления. При достижении в пневмокамерах заданного перепада давления информация о расходе воздуха через образец фиксируется в процессоре с выделением в виде отдельной информационной строки, и необходимые данные поступают на рабочую панель интерфейса оператору для контроля и дальнейшего использования.

После проведения измерительной процедуры по заданным условиям процессор 12 формирует команду на закрытие затвора-шторки 8 для повторения процедуры исследований.

Заключение

Таким образом, преимущества разработанного способа исследования одного из наиболее значимых эргономических свойств волокнистых материалов по сравнению с разработками

аналогичного назначения определяются тем, что он раскрывает новые перспективы в сфере совершенствования процесса исследования физических свойств волокнистых материалов, что позволит повысить качество получаемой информации и, в конечном итоге, повысить качество и безопасность отечественной продукции легкой промышленности. По сравнению с аналогами предложенный способ оценки воздухопроницаемости обеспечивает не только точность и достоверность получаемых данных, но и облегчает процесс испытаний за счет его автоматизации при расширении технологических возможностей.

Список литературы

- 1 Бузов, Б.А. Материалы для одежды. Ткани / Б.А. Бузов, Г.П. Румянцева. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2014. – 224 с.
- 2 Орленко, Л.В. Конфекционирование материалов для одежды / Л.В. Орленко, Н.И. Гаврилова. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010. – 288 с.
- 3 Стельмашенко, В.И. Материалы для одежды и конфекционирования / В.И. Стельмашенко. – М.: ИЦ «Академия», 2010. – 320 с.
- 4 Бузов, Б.А. Материалы для одежды / Б.А. Бузов, Г. П. Румянцева. – М.: ИЦ «Академия», 2010. – 160 с.
- 5 Бузов, Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство) / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова. – М.: Академия, 2004. – 448 с.
- 6 Шеромова, И.А. Текстильные материалы: получение, строение, свойства / И.А. Шеромова. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2006. – 220 с.
- 7 Савостицкий, Н.А. Материаловедение швейного производства: учебное пособие/ Н.А. Савостицкий, Э.К. Амирова. – М.: Академия; Мастерство; Высшая школа, 2001. – 240с.
- 8 ГОСТ 12088-77 Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости. – Изд-во стандартов, 2003. – 10 с.
- 9 Кобранова, В.Н. Физические свойства горных пород / В.Н. Кобранова. – М.: Изд-во Госуд. научно-технич. нефтяной и горно-топливной литературы, 1962. – С.138–142.
- 10 Патент 2165609, Российская Федерация. – Оpubл. 1999 г.

Рецензенты:

Бойцова Т.М., д.т.н., профессор, директор института сервиса, технологий и дизайна Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС), заведующая лабораторией мониторинга и экспертизы ВГУЭС, г. Владивосток.

Мансуров Ю.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов инженерной школы Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток.