

УДК 677.017.622:532.546.3

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ВЛИЯНИЯ ОРИЕНТАЦИИ ВОЛОКОН
НА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ВОЛОКНИСТОГО СЛОЯ**

И.П. КОРНЮХИН, И.В. КОЗЫРЕВ, Т.А. КОРНЮХИНА, С.А. МИРОНОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Для решения поставленной задачи создан комбинированный экспериментальный стенд, который позволяет определить

воздухопроницаемость исследуемого осесимметричного образца в зависимости от параметра ориентации волокон в слое.

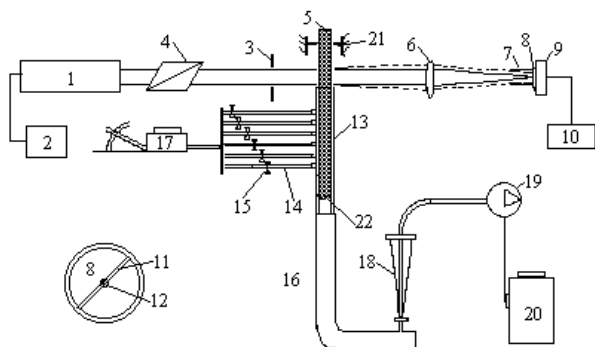


Рис. 1

Стенд, показанный на рис. 1, состоит из двух блоков. Первый из них предназначен для определения параметра ориентации волокон в слое описанным ранее методом малоуглового рассеяния [1]. Второй блок позволяет измерять параметры, определяющие воздухопроницаемость. Заметим, что несомненным достоинством рассматриваемой установки является совмещение двух блоков, что позволяет добиться более надежного определения оптических параметров исследуемого образца без извлечения его из рабочего участка.

За основу первого блока установки взят описанный в [2] и [3] прибор для определения ориентации волокон с помощью метода малоуглового рассеяния лазерного излучения. Источником излучения служит гелий-неоновый лазер 1 с источником питания 2. За лазером установлен поляризатор (поляроид) 4 и ирисовая диафрагма 3. Диафрагма установлена непосредственно перед исследуемым образцом на расстоянии 1 м от источника излучения. Она предназначена для отсечения фонового излучения лазера и минимизации оптических погрешностей системы.

За диафрагмой 3 расположен исследуемый образец 5. За образцом на регулируемом штативе укреплена собирающая линза 6 с оптической силой в 1 Дп. Далее на оптической оси помещен приемник излучения – камера 9 с фотоэлементом. Перед фотоэлементом расположен подвижный (вращающийся) диск 8 со щелью 11. Вид на приемник излучения со стороны источника показан на рис. 1 отдельно.

При вращении диска 8 относительно оптической оси системы на фотоэлемент

через щель 11 попадают соответствующие участки картины рассеяния, что позволяет снять индикатрису рассеяния. В центре щели 11, на оптической оси прибора в точке фокуса линзы 6, предусмотрен непрозрачный экран 12 малых размеров, предназначенный для предотвращения попадания на фотоэлемент нерассеянного излучения лазера. Цилиндрическая обечайка 7 существенно снижает возможность попадания на фотоэлемент постороннего излучения.

Вокруг диска 8 закреплена градусная шкала для определения угла наклона снимаемого фрагмента полученной картины рассеяния. Сигнал от фотоэлемента подается на универсальный вольтметр 10. Перед началом экспериментов при помощи поляроида 4 на основе закона Малюса производится проверка линейности характеристики используемого в установке фотоэлемента.

Работа второго блока установки, предназначенного для определения воздухопроницаемости, базируется на распространенном принципе прососа воздуха через исследуемый материал. Рабочий участок стенда представляет собой прозрачную сменную трубку 13 (диаметры трубок приняты равными 16,6; 20,5; 26 мм; длина для всех трубок составляет 25 см), в которую помещается исследуемый образец 5.

В трубке 13 предусмотрено шесть отборов давления. Первый из них расположен на достаточном расстоянии от верхнего края трубки для того, чтобы поток воздуха успел стабилизироваться и чтобы на результат измерений перепада давления не повлияли условия на входе в трубку. Как показал опыт, для этого достаточно расстояния 10 см для всех используемых диаметров (получение линейных графиков зависимости перепада давления по длине образца, приведенных ниже, указывает на достаточность принятой величины).

Расстояние между точками отбора давления принято равным 15 мм. На каждой трубочке 14 имеются индивидуальные зажимы 15, позволяющие отсекаемые в эксперименте отборы. Для измерения перепада давления использовали микроманометр 17, к которому пооче-

редно через гребенку были подсоединены импульсные трубки 15. С помощью гибкого пластикового шланга 16 рабочая трубка соединена с ротаметром 18, предназначенным для измерения расхода воздуха.

Разрезание под материалом создавалось с помощью отсасывающего вентилятора 19. В качестве регулирующего органа частоты вращения вентилятора использовали автотрансформатор 20.

Для образца 5 предусмотрен упор в виде металлической сеточки 22, жестко крепящейся к стенкам рабочей трубки. Помимо этого предусмотрено и крепление 21 волокнистого образца в верхней точке.

Использованная система крепления исследуемых образцов позволяет избежать неконтролируемого уплотнения последних в районе нижней поддерживающей сетки 22. Для предотвращения возникновения нежелательных погрешностей сетка располагается на расстоянии 15...20 мм от нижнего отбора (расстояние подобрано экспериментально таким образом, чтобы избежать возможного влияния на величину перепада давления уплотнения слоя в нижней его части).

В качестве образцов взяты материалы подготовительно-прядельного производства, имеющие одноосную деформацию и обладающие осевой симметрией. Образцы отбирались с чесальной и ленточной (после первого и второго перехода соответственно) машин. Перед началом опыта волокнистый образец взвешивался, и рассчитывалась его эффективная плотность:

$$\rho_3 = \frac{M}{\pi D^2 L / 4},$$

где M – масса образца; D – внутренний диаметр трубки рабочего участка установки; L – длина ленты.

Порядок проведения опыта следующий. До установки образца производится юстировка оптической части установки и определяется величина обусловленного оптическими помехами фона во всех точках измерения. При обработке результатов углового распределения интенсивности из-

лучения вводится поправка на величину фона.

После настройки оптической части прибора исследуемый образец 5 помещается в рабочий участок установки (рис. 1) следующим образом. Включается отсасывающий вентилятор 19 и в режиме слабого прососа образец помещается в рабочую трубку 13 до легкого упора на сетку 22. Индикатриса рассеяния снималась и перед началом опыта, и после его окончания.

Образцы для опытов отбирались с различной плотностью и ориентацией волокон. Плотность изменялась двумя способами. Первый способ осуществлялся путем изменения количества лент (от четырех до восьми) на входе ленточной машины, соответственно на выходе после сложения и вытягивания получалась ровница с различными значениями ориентации и плотности. Во втором случае при смене диаметров рабочих трубок пропорционально диаметру менялись плотность и ориентация.

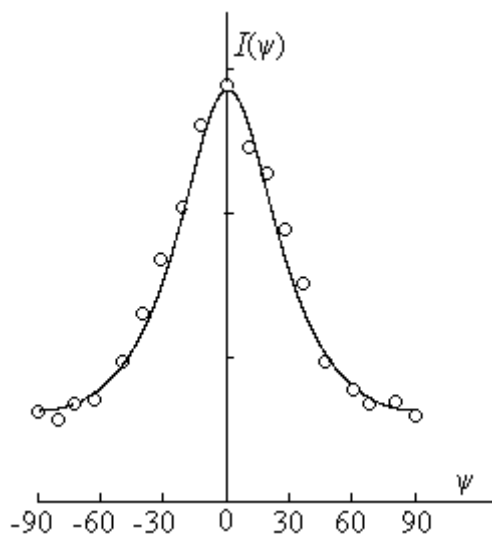


Рис. 2

Типичная индикатриса рассеяния, полученная в опытах, показана на рис. 2. Как уже отмечалось выше, в качестве параметра, характеризующего ориентацию волокон, использовался параметр функции углового распределения волокон, который здесь обозначим через γ (методика его определения представлена в [1]). Параметр

ориентации γ определялся следующим образом.

По замеренному угловому распределению интенсивности (в произвольных единицах) строилась осредняющая кривая $I(\psi)$. По ней, ввиду линейности характеристики регистрирующего универсального вольтметра, определялась величина:

$$\gamma_0^2 = \frac{I(0)}{I(\pi/2)}.$$

После вычисления γ_0 по графикам, приведенным в [3], определялся параметр ориентации γ .

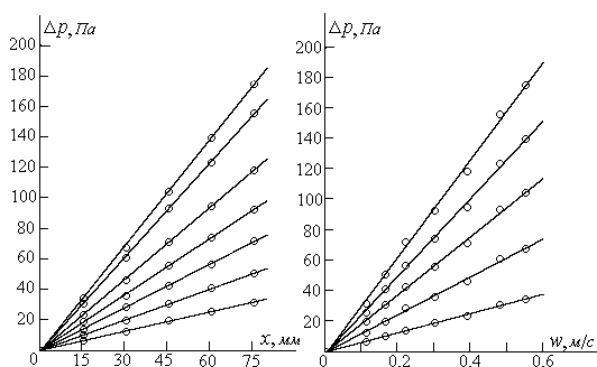


Рис. 3

Полученные зависимости представлены на рис. 3 для чесальной ленты и на рис. 4 для ленты со второго перехода ленточной машины. Графики построены в одинаковом масштабе и из их сопоставления видно, что потери давления при фильтрации воздуха через продукт с более высокой ориентацией волокон оказываются более низкими. Приведенные зависимости линейны и проходят через начало координат.

Линейный характер зависимости перепада давления от координаты и скорости в исследованном диапазоне дает возможность утверждать, что характеристики воздухопроницаемости подчиняются закону Дарси:

$$\frac{\Delta p}{\ell} = \frac{\mu}{k} w, \quad (1)$$

где Δp – перепад давления на длине ℓ ; μ – динамическая вязкость воздуха; w – ско-

На графике рис. 2 точками показаны осредненные экспериментальные значения, зарегистрированные с интервалом углов $\Delta\psi$ в 10° . Здесь же приведена теоретическая кривая ненормированного распределения длин проекций, которая определена в [1].

Измерения перепада давления (Δp) по длине (x) рабочего участка производились в точках, отстоящих на расстояниях 15, 30, 45, 60 и 75 мм. По полученным значениям построены графические зависимости Δp от x , а также от скорости w движения воздуха, просасываемого через слой материала.

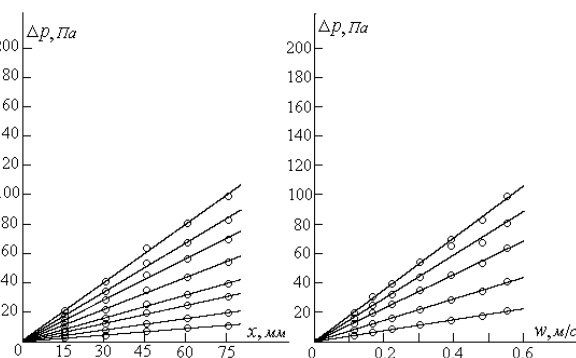


Рис. 4

рость потока, отнесенная к полному поперечному сечению канала; k – коэффициент проницаемости.

Используя закон Дарси (1), по опытным данным рассчитывали величину коэффициента воздухопроницаемости k . Графический анализ зависимостей коэффициента проницаемости от эффективной плотности $k(\rho_3)$, от параметра ориентации $k(\gamma)$, и коэффициента ориентации от эффективной плотности $\gamma(\rho_3)$ демонстрирует большой разброс точек. Связано это с тем фактом, что для первой из них случайным образом изменялся показатель ориентации, а для второй – эффективная плотность. Тем не менее, в первых двух зависимостях существует корреляция данных: соответствующие коэффициенты корреляции равны $-0,78$ и $+0,66$. Для графика $\gamma(\rho_3)$ корреляция данных отсутствует – коэффициент корреляции равен $0,01$.

Ситуация в корне отлична, если ориентация изменяется за счет деформации об-

ВЫВОДЫ

разца. В специальной серии опытов один и тот же образец помещался в трубки различного диаметра. С уменьшением диаметра трубок увеличивалась плотность волокнистого образца, росло значение параметра ориентации и проявлялись практически строгие зависимости $\gamma(\rho_3)$ и $k(\rho_3)$ с коэффициентами корреляции, равными соответственно 0,99 и – 0,97. Проведенный анализ показывает, что коэффициент проницаемости зависит от двух параметров: эффективной плотности и параметра ориентации $k = f(\rho_3, \gamma)$. В том случае, когда образец деформируется, параметр ориентации зависит от эффективной плотности $\gamma(\rho_3)$, так что коэффициент проницаемости оказывается сложной функцией плотности $k = f[\rho_3, \gamma(\rho_3)]$.

Опытным путем установлена зависимость коэффициента проницаемости при фильтрации воздуха через волокнистый слой от параметров ориентации и эффективной плотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kornoohin I.P., Kornoohina T.A.*// Research Journal Textile and Apparel. – (Hong Kong), 2002, v.6, N 2.
2. А.с. 532667 СССР. Корнюхина Т.А., Борзнов И.Г., Корнюхин И.П. – Оpubл. 1976. Бюл. №39.
3. *Kornoohin I.P., Kornoohina T.A.*// Research Journal Textile and Apparel. – (Hong Kong), 2002, v.6, N 1.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 19.01.06.