

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ

А.Н. Бизюк, Н.Н. Ясинская

Витебский государственный технологический университет, Беларусь

*Рассмотрены вопросы сушки и определения пористости текстильных нитей. Предложена методика экспериментального определения пористости текстильных нитей на основе анализа кривых их сушки. Разработан алгоритм для автоматизированной обработки результатов эксперимента и определения кажущейся пористости текстильных нитей. Приведены результаты расчета пористости комплексных полиамидных и вискозных нитей, которые хорошо согласуются с теоретическими.*

Как известно, пористость является важнейшим свойством текстильного компонента, определяющим скорость и полноту протекания операций пропитки и сушки при формировании композиционных материалов, что определяет качество готового изделия. Зная пористость текстильного материала, можно прогнозировать режимы формирования и оптимизировать технологические процессы.

Определение пористости текстильного волокнистого материала является достаточно сложной задачей. Для измерения пористости можно использовать несколько методов. Прямые методы (определение общего объема пористого образца, а затем объема материала скелета без пор (объем пор = общий объем минус объем материала), оптические методы (например, определение площади материала в зависимости от площади пор, видимых под микроскопом). «плоскостная» и «объемная» пористости одинаковы для пористых сред со случайной структурой, метод компьютерной томографии, методы впитывания, метод испарения воды (объем пор = масса насыщенного образца минус масса высушенного образца/плотность воды), ртутная порометрия, метод газового расширения, термoporозиметрия и криопорометрия [1].

Анализируя применимость перечисленных выше методов для определения пористости пряжи и комплексных нитей, можно сделать следующие выводы: для использования некоторых методов требуется сложная и дорогостоящая техника (метод компьютерной томографии, ртутная порометрия, метод газового расширения, термoporозиметрия и криопорометрия), другие методы не обеспечивают достаточную точность для пряжи и комплексных нитей (прямые и опти-

ческие методы). В научной литературе часто упоминается метод испарения жидкости, но при его применении к пряже и комплексным нитям возникает проблема. При пропитке пряжи жидкость не только заполняет внутренние поры, но и образует пленку на поверхности материала. Объем этой пленки для пряжи и комплексных нитей вносит значительную погрешность в итоговый результат. Итоговая пористость получается более 100%, что не имеет смысла. Для точного определения пористости пряжи и комплексных нитей требуется либо определить массу пленки на поверхности и вычесть ее из массы пропитанного образца перед расчетом, либо каким-нибудь образом удалить эту пленку. Попытки удалить пленку жидкости с поверхности пряжи или комплексных нитей механическим способом не дают воспроизводимого результата. Более контролируемым представляется процесс испарения пленки жидкости с поверхности материала. Пленка будет испаряться в первую очередь, так как с воздушной средой контактирует именно ее поверхность. Возникает задача определения момента, в который пленка жидкости закончит испаряться.

Для определения кажущейся пористости волокнистых материалов предложены [2] методы погружения их в жидкость, полностью смачивающую волокно. В качестве такой жидкости выбраны бензол или этиловый спирт, показывающие краевой угол, близкий к нулю. Тогда расчет кажущейся пористости волокнистых материалов проводится по формуле

$$P_k = 1 - \frac{V_B}{V_{ж} + V_B}, \quad (1)$$

где  $P_k$  – кажущаяся пористость;  $V_B$  – объем вещества волокон,  $m^3$ ;  $V_{ж}$  – объем впитанной жидкости,  $m^3$ .

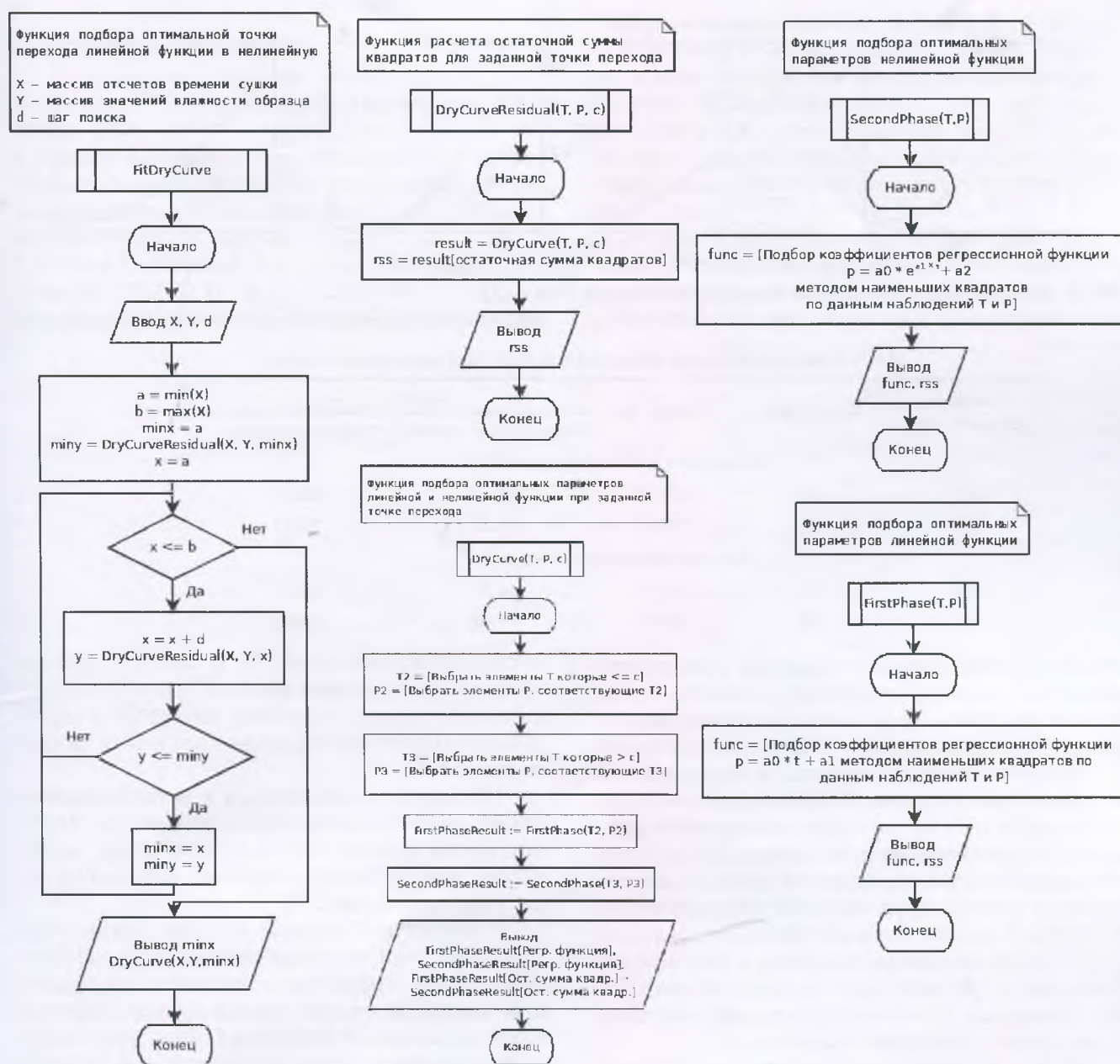
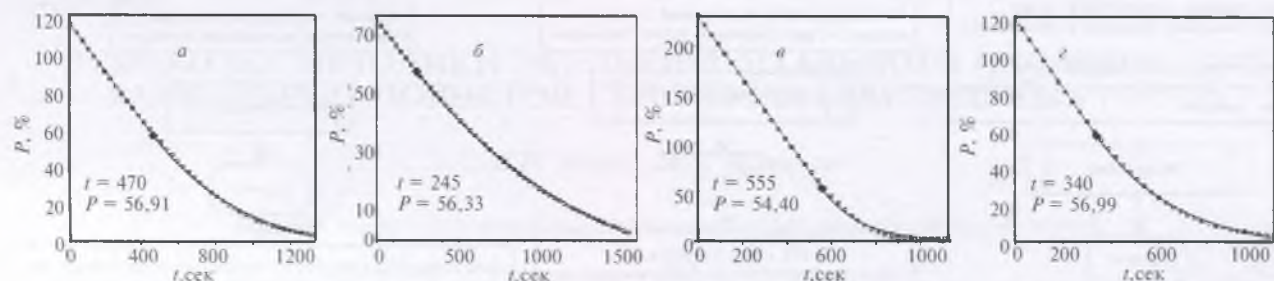


Рис. 1 Блок-схема алгоритма определения пористости

Предварительные экспериментальные исследования показали, что при использовании данного метода возникают затруднения из-за сложности точного определения объема впитанной жидкости [3–5]. Поэтому для исследования пористости волокнистых материалов в данной работе предложена новая методика определения пористости текстильной пряжи, основанная на анализе кривых ее сушки.

Во время сушки в первую очередь испаряется влага, находящаяся на поверхности текстильного материала, так называемая влага намока-

ния. Этот этап соответствует линейному промежутку кривой сушки – период постоянной скорости сушки. После испарения влаги намокания начинает испаряться влага, находящаяся в капиллярах и порах текстильного материала – капиллярная влага. Скорость сушки замедляется, что заметно по переходу кривой сушки из прямолинейного участка в криволинейный – период падающей скорости сушки. В момент перехода к испарению капиллярной влаги объем жидкости соответствует объему пор. Таким образом, влажность текстильного материала в момент пе-

Рис. 2. Кривые сушки текстильных нитей и критические точки ( $\Sigma$ ):

*a, б* – полиамидная комплексная нить 195 и 380 текс; *в, г* – вискозная комплексная нить 195 и 380 соответственно

*Результаты определения истинной и кажущейся пористости нитей*

Линейная плотность, текс	Крутка, кр/м	Диаметр, мм	Пористость, %	
			теоретическая (модель)	экспериментальная
<i>Полиамидная комплексная нить</i>				
195	110	0,7154	59,27	56,91
380	70	0,9987	56,22	56,33
<i>Вискозная комплексная нить</i>				
195	140	0,6149	64,26	54,4
390	70	0,8694	59,98	56,99

рехода кривой сушки от периода постоянной скорости к периоду падающей скорости, называемый критической влажностью, примерно соответствует пористости текстильного материала.

Метод определения пористости, предлагаемый авторами, состоит в том, что предварительно пропитанный жидкостью материал подвергается сушке с одновременным взвешиванием. По полученной кривой сушки определяется методом регрессионного анализа точка перехода прямолинейного участка в криволинейный. Вычисляется объем жидкости в текстильном материале в этот момент. Вычисляется общий объем текстильного материала. Отношение объема жидкости к общему объему материала определяет пористость.

На рис. 1 изображена блок-схема алгоритма определения пористости текстильных нитей по результатам измерения массы материала в процессе сушки.

На основе приведенного алгоритма авторами была разработана компьютерная программа, позволяющая автоматизировать процесс определения пористости текстильных нитей.

Для исследования объема пор, способных заполняться жидкостью при пропитке, взяты нити, свойства которых представлены в таблице. Для повышения смачиваемости и достижения максимально возможного заполнения порового пространства жидкостью нити предварительно подвергали щелочной отварке, так как она снижает

число тупиковых пор [6, 7]. В таблице приведены результаты расчета истинной пористости смоделированного волокнистого материала и экспериментального определения кажущейся пористости нитей.

По полученным данным с использованием программного математического пакета Maple построены кривые сушки и определены критические точки, соответствующие кажущейся пористости нитей (рис. 2).

В результате анализа кривых сушки были найдены точки перехода первого периода (удаление влаги намочения – механически связанной влаги) во второй период сушки (удаление влаги из макро- и микропор). Зная точку перехода первого периода во второй и влажность материала в этот момент времени ( $W_{\text{крит}}$ ), рассчитывали кажущуюся пористость (в %) волокнистого материала по формуле

$$P_{\text{к}} = \frac{V_{\text{воды}}}{V_0} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $V_{\text{воды}}$  – объем воды, находящейся в капиллярах и порах волокнистого материала, соответствующий критической влажности  $W_{\text{крит}}$ , см<sup>3</sup>;  $V_0$  – объем сухого образца, см<sup>3</sup>.

Таким образом, предложенная методика позволяет с достаточной точностью и в короткие сроки определить пористость текстильных нитей без использования сложного оборудования.

**Библиографический список**

1. Плаченев Т.Г., Колосенцев С.Д. Порометрия. – Л. : Химия, 1988. – 176 с.
2. Воюцкий С.С. Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров. – М. : Химия, 1969. – 336 с.
3. Бизюк А.Н., Ясинская Н.Н. //Изв. вузов. Технол. лег. пром-сти. 2017. Т. 37. № 3. – С. 10-14.
4. Ясинская Н.Н., Бизюк А.Н., Разумеев К.Э. //Изв. вузов. Технол. лег. пром-сти. 2018. № 6. (378). – С. 273-277.
5. Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Композиционные текстильные материалы. Монография. – Витебск : ВГТУ. 2016. – 299 с.
6. Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Термообработка при формировании композиционных текстильных материалов. Монография. – Витебск: ВГТУ. 2019. – 162 с.
7. Махов О.Н. Кинетика пропитки хлопчатобумажных тканей и повышение эффективности процесса их химической отделки. Дисс. к. т. н. – Иваново: ИГТУ. 2002. – 143.