

УДК 677.017

МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ

Ясинская Н.Н., Бизюк А.Н., Коган А.Г.

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

vstu@vstu.vitebsk.by

Для исследования пористости текстильных нитей в данной работе предложен новый метод, базирующийся на анализе процесса сушки волокнистого материала в естественных условиях. По полученным данным с использованием программного математического пакета Maple строятся кривые сушки и определяются точки перехода первого периода (удаление массы влаги намокания – механически связанной влаги) сушки во второй период (удаление влаги из макро- и микропор). Зная точку перехода первого периода во второй и влажность материала в этот момент времени ($W_{крит}$), рассчитывают кажущуюся пористость волокнистого материала. Установлено, что отклонения значений истинной (теоретической) и кажущейся (экспериментальной) пористости, прошедших предварительную щелочную отварку пряжи и нитей составляют не более 5-6%, что подтверждает адекватность разработанного алгоритма моделирования капиллярно-пористой структуры и прогнозирования пористости.

Ключевые слова: *пористость, текстильные нити, кажущуюся пористость волокнистого материала.*

При рассмотрении процессов пропитки текстильных материалов дисперсиями и растворами полимерных связующих важным фактором, влияющим на скорость и полноту пропитки, является капиллярно-пористая структура волокнистого материала. Известно, что структура многоуровневая, состоящая из: молекулярного (макромолекулы), надмолекулярного (фибриллы), микроуровня (волокна) и макроуровня (волокнистый материал – пряжа, комплексная нить, ткань, трикотаж или другой текстильный материал из нитей) [1]. В реальных технологических процессах проникновение пропитывающей жидкости в глубь капилляров, имеющих в отдельных волокнах, не может быть значительным, учитывая непродолжительное время пропитки. Поэтому, наибольший интерес для технолога

представляют поры и капилляры, образующиеся между волокнами и нитями.

Ранее авторами предложен метод теоретического описания капиллярно-пористой структуры текстильных нитей [2,3]. Определена истинная пористость – отношение истинного объема пор к объему образца текстильной нити. Однако, при пропитке суровых материалов происходит неполное заполнение порового пространства из-за наличия тупиковых пор и пор, содержащих защемленный воздух. Объем незамкнутых пор, способных заполняться жидкостью называют - кажущийся объем пор (кажущаяся пористость).

Полнота заполнения порового пространства характеризуется коэффициентом пропитки, равным отношению кажущейся пористости к истинной. Для повышения коэффициента пропитки используют различные способы подготовки волокнистого материала с целью удаления защемленного воздуха и раскрытия тупиковых пор: предварительная щелочная отварка, вакуумирование, нагревание, запаривание, плазменная обработка и другие. Известно, что в процессе щелочной отварки число тупиковых пор и пор, содержащих защемленный воздух снижается до 3 % [4].

В работе [5] для экспериментального определения кажущейся пористости при пропитке водными дисперсиями предложены методы погружения материала 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;

$V_{ж}$ - средний объем впитанной жидкости, м³.

Предварительные экспериментальные исследования показали, что при использовании данного метода возникают затруднения из-за сложности точного определения объема впитанной жидкости [6]. Поэтому для исследования пористости текстильных нитей в данной работе предложен новый метод, базирующийся на анализе процесса сушки волокнистого материала в естественных условиях, состоящий из следующих этапов.

1. Подготовка образца

Подготавливаются образцы пряжи (нити) длиной 1 м, подвергаются щелочной отварке в течение 20 минут. После отварки образцы промывают и высушивают при температуре 110-115 °С до полного высыхания. Далее образцы выдерживаются в климатических условиях не менее 24 ч.

2. Пропитка образца

Объект исследования взвешивают на лабораторных аналитических весах с точностью 0,0001г и записывают результат измерения. Затем по-

мещают в емкость с дистиллированной водой и пропитывают в течение 60 мин.

3. Высушивание в естественных условиях и построение кривой сушки

После пропитки, исследуемые образцы подвешиваются на штатив, установленный на лабораторные аналитические весы, где производится взвешивание каждые 30 секунд в процессе сушки в естественных условиях. Измерения проводятся при температуре воздуха 22 °С и относительной влажности 60%.

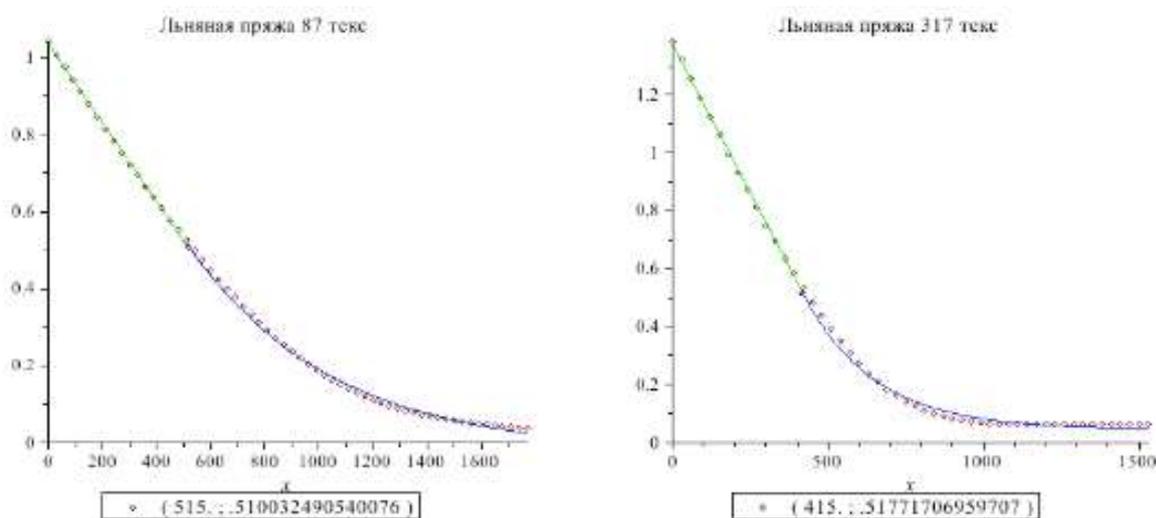
По полученным данным с использованием программного математического пакета Maple строятся кривые сушки и определяются точки перехода первого периода (удаление массы влаги намокания – механически связанной влаги) сушки во второй период (удаление влаги из макро- и микропор). Зная точку перехода первого периода во второй и влажность материала в этот момент времени ($W_{крит}$), рассчитывают кажущуюся пористость волокнистого материала по формуле:

$$P_k = \frac{V_{\text{ВОДЫ}}}{V_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

где $V_{\text{воды}}$ – объем воды, находящейся в капиллярах и порах волокнистого материала, соответствующий критической влажности $W_{крит}$, см³;

V_0 – объем сухого образца, см³.

Для исследования объема пор, способных заполняться жидкостью при пропитке взяты пряжа и нити, свойства которых представлены в таблице 1. Для повышения смачиваемости и достижения максимально возможного заполнения порового пространства жидкостью пряжа и нити предварительно подвергались щелочной отварке. Результаты расчета истинной пористости смоделированного волокнистого материала и экспериментального определения кажущейся пористости пряжи и нитей по кривым сушки (рисунок 1), представлены в таблице 1.



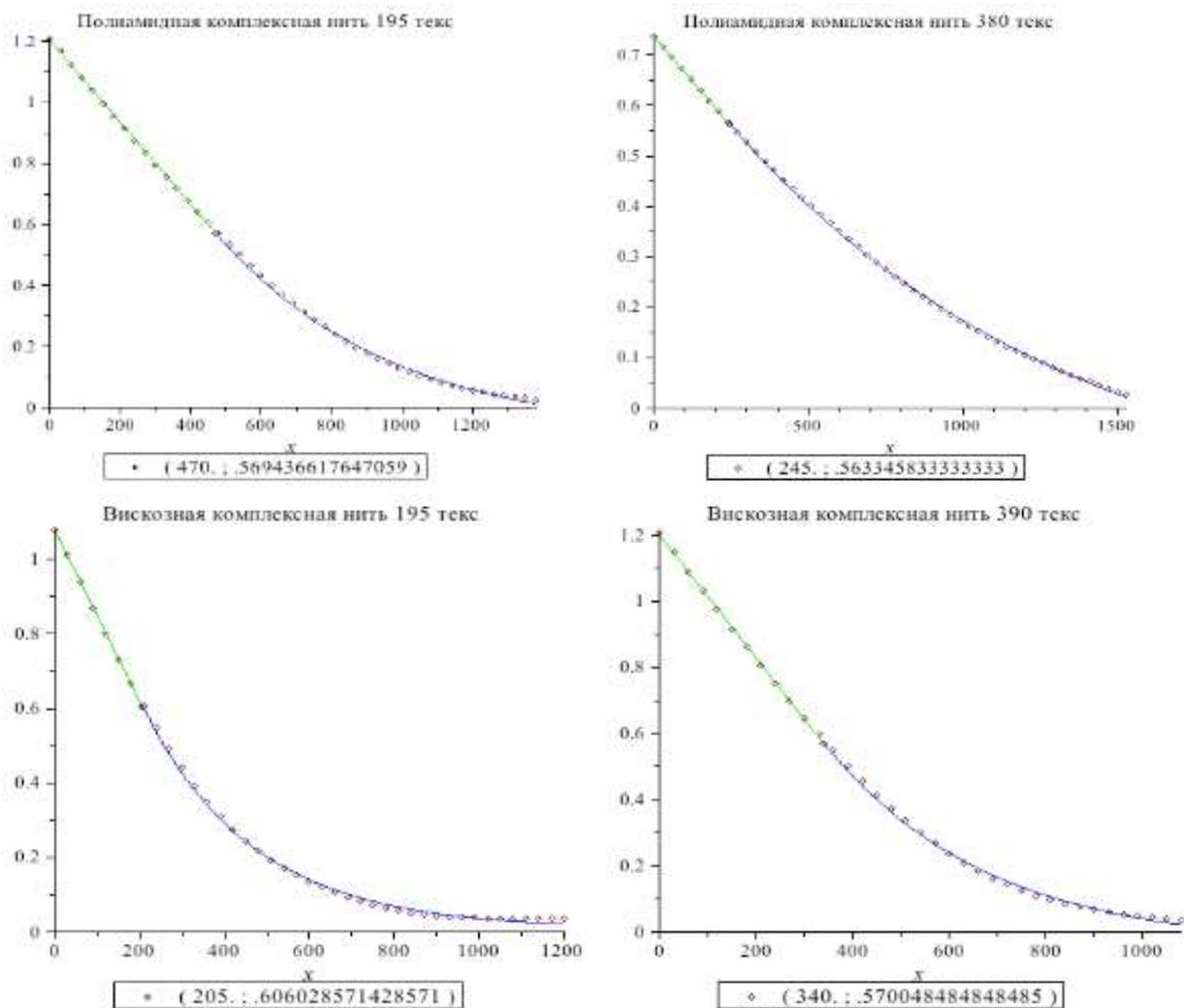


Рисунок 1 – Кинетические кривые сушки текстильных нитей

Таблица 1 - Результаты определения истинной и кажущейся пористости текстильных нитей

Линейная плотность, T_f , текс	Крутка, K , кр/м	Диаметр, d_p , мм	Пористость, %	
			теоретическая (модель), P_u	экспериментальная P_k
Льняная пряжа кольцевого способа прядения				
87	391	0,4067	53,39	51,00
317	225	0,7763	54,36	51,77
Полиамидная комплексная нить				
195	110	0,7154	59,27	56,94
380	70	0,9987	56,22	56,33
Вискозная комплексная нить				
195	140	0,6149	64,26	60,60
390	70	0,8694	59,98	57,00

Установлено, что отклонения значений истинной (теоретической) и кажущейся (экспериментальной) пористости, прошедших предварительную щелочную отварку пряжи и нитей составляют не более 5-6%, что подтверждает адекватность разработанного алгоритма моделирования капиллярно-пористой структуры и прогнозирования пористости [2,3].

Список использованной литературы

1. Перепелкин, К. Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты / К. Е. Перепелкин. – СПб. : Научные основы и технологии, 2009. – 380 с.
2. Бизюк, А. Н. Моделирование геометрических и структурных свойств волокнистого материала для текстильных армирующих основ / А. Н. Бизюк, Н. Н. Ясинская // Известия вузов. Технология легкой промышленности / Санкт-Петербургский университет технологии и дизайна (Санкт-Петербург). – 2017. – Т. 37, № 3. – С. 10–14.
3. Ясинская, Н. Н. Моделирование структуры текстильных материалов для формирования слоистых композитов / Н. Н. Ясинская, А. Н. Бизюк, К. Э. Разумеев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности / Ивановская государственная текстильная академия (Иваново). – 2018. – № 6 (378). – С. 273–277.
4. Махов, О. Н. Кинетика пропитки хлопчатобумажных тканей и повышение эффективности процесса их химической отделки: дисс. ... канд. техн. наук : 05.19.02 / О. Н. Махов. – Иваново, 2002. – 143 с.
5. Воюцкий, С. С. Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров / С.С. Воюцкий. – Москва : Химия, 1969. – 336 с.
6. Ясинская, Н. Н. Композиционные текстильные материалы : [монография] / Н. Н. Ясинская, В. И. Ольшанский, А. Г. Коган. – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 299 с.