

Установлено, что динамическая вязкость обоих исследованных растворов с течением времени монотонно увеличивается. В среднем рост динамической вязкости раствора из ПВС за 10 дней составил 7 %, из ПВС с добавлением глицерина – 14 %. Подобное различие в росте вязкостей может быть объяснено тем, что ПВС является синтетическим полимером и обладает повышенной стабильностью свойств, а при смешивании с глицерином (органическим соединением) подвергается большему их изменению со временем. Наиболее существенный рост вязкости растворов наблюдается в течение первых четырех дней хранения.

Несмотря на это, данный показатель всё еще находится в допустимом диапазоне значений для осуществления стабильного процесса электроформования, что свидетельствует о том, что с использованием данных растворов возможно получение нановолокнистых материалов.

Однако необходимо отметить, что увеличение динамической вязкости более чем на 5 % нежелательно, поскольку это может оказывать влияние на протекание процесса электроформования и требовать корректировки режимов процесса электроформования, а в некоторых случаях влиять на плотность нанесения нановолокнистого материала и морфологию получаемых нановолокон.

Таким образом, рекомендуется использовать формовочные растворы на основе ПВС в течение трех дней с момента приготовления, так как использование прядильных растворов, которые хранятся более трех дней, требует корректировки параметров процесса электроформования для получения нановолокнистых материалов с заданными свойствами.

#### Список использованных источников

1. Филатов, Ю. Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) / Ю. Н. Филатов // под ред. В. Н. Кириченко. – М.: ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 1997.
2. Прищепенко, Д. В. Нановолоконные покрытия на основе хитозана, полученные методом электроформования : дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06 / Д. В. Прищепенко. – Минск, 2022. – 140 с.
3. Рыклин, Д. Б. Оценка стабильности свойств растворов поливинилового спирта, применяемых для электроформования нановолокнистых материалов / Д. Б. Рыклин, В. М. Азарченко, М. А. Демидова // Всероссийская научно-практическая конференция «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий» : сборник материалов, Кострома, 4-5 апреля 2019 г. / ФГБОУ ВО Костромской государственной академии культуры и искусств. – Кострома, 2019. – С. 167–169.
4. Попова, И. Н. Экономика производства и применения полимеризационных пластмасс / И. Н. Попова, Е. Д. Файнберг, Ю. Т. Лившиц. – Ленинград : Химия, 1977. – 200 с.
5. Zhang, Y., Deng, L., Zhong, H., Pan, J., Li, Y., Zhang, H. Superior water stability and antimicrobial activity of electrospun gluten nanofibrous films incorporated with glycerol monolaurate // Food Hydrocolloids. – 2020. – V. 109. – Art. 106116.

УДК 677.017

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ИГЛОПРОБИВНОГО НЕТКАНОГО ПОЛОТНА

*Истомина А.В., студ., Королева Н.А., к.т.н., доц., Полякова Т.И., к.т.н., доц.  
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, Российская Федерация*

Реферат. В статье рассмотрено построение регрессионной модели, описывающей зависимость воздухопроницаемости иглопробивного полотна от поверхностной плотности холста. Приведено описание и условия эксперимента, этапы обработки его результатов. Получена однофакторная модель, которая может быть использована для оптимизации технологических процессов в производстве нетканых материалов.

Ключевые слова: нетканое полотно, иглопробивной способ, полиэфирные волокна, воздухопроницаемость, регрессионная модель.

Для нетканых материалов технического назначения важны физические свойства, в том числе проницаемость. Проницаемостью называется способность полотен пропускать через себя воздух, пары воды, пыль, радиоактивные излучения (воздухопроницаемость, паропроницаемость, водопроницаемость, пылепроницаемость, теплопроницаемость и др.).

Воздухопроницаемость текстильных полотен характеризуется коэффициентом, который показывает количество воздуха  $V$ ,  $\text{дм}^3$ , проходящего через  $1 \text{ м}^2$  полотна за  $1 \text{ с}$  при постоянной разности давлений по обе его стороны. При разности давлений  $p = p_1 - p_2$ , Па, коэффициент воздухопроницаемости  $Q$ ,  $\text{дм}^3/[\text{м}^2 \cdot \text{с}]$ , определяется по формуле [1]:

$$Q = V / FT,$$

где  $F$  – площадь образца,  $\text{м}^2$ ;  $T$  – время,  $\text{с}$ .

В работе проведены исследования по определению воздухопроницаемости иглопробивного нетканого полотна при различных значениях поверхностной плотности холста.

Холст был выработан из вторичных полиэфирных волокон линейной плотности 0,33 текс и длиной 63–65 мм. Подготовленная смесь волокон была прочесана на лабораторной кардочесальной машине «Орловчанка». Полученные волокнистые холсты были скреплены иглопробивным способом. Предварительно была определена масса волокон для получения холста определенной поверхностной плотности.

В задачу планирования эксперимента входят: выбор необходимых для эксперимента опытов, то есть построение матрицы планирования, и выбор методов математической обработки результатов эксперимента. Для исследования воздухопроницаемости было выполнено традиционное однофакторное планирование [2]. В таблице 1 приведены значения фактора, результаты измерений и расчетные параметры. Значение фактора  $X_u$  (поверхностная плотность холста) варьировалось на 5 уровнях ( $N = 5$ ); количество повторных опытов  $m$  также равно пяти.

Таблица 1 – Результаты испытаний иглопробивного полотна

$u$	$X_u$	$\bar{Y}_u$	$S_u^2 \{Y\}$	$V_{Rmax}$	$V_{Rmin}$
1	100	68,02	0,022	1,357	1,658
2	150	59,78	2,812	0,947	1,853
3	200	51,30	3,925	1,298	1,580
4	250	42,62	11,837	0,968	1,404
5	300	38,20	5,815	1,298	1,437

Эксперимент по определению воздухопроницаемости образцов проводился на приборе типа FF-12/A (рис. 1) в соответствии с ГОСТом 12088-77 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости» [3].

Обработка результатов испытаний проводилась в соответствии с порядком построения регрессионных однофакторных моделей [2, 4]:

1. Проведена проверка наличия резко выделяющихся значений выходного параметра  $Q$  по критерию Смирнова – Граббса: для каждой строки были определены средние значения ( $\bar{Y}_u$ ) и дисперсии  $S_u^2 \{Y\}$ , а также расчетные значения критерия для максимального и минимального значений фактора  $V_{Rmax}$  и  $V_{Rmin}$  (табл. 1).

2. Проверена гипотеза об однородности дисперсий и рассчитана средняя дисперсия в опытах матрицы – дисперсия воспроизводимости.

3. Выбран вид регрессионной модели: были определены разности первого порядка, построены средние значения выходного параметра на графике. На основе анализа расчетных и графических данных была принята линейная регрессионная модель.

4. Коэффициенты регрессии определены с помощью метода наименьших квадратов, то есть при условии, что сумма квадратов отклонений экспериментальных данных  $Y_u$  от расчетных значений  $Y_{Ru}$  будет наименьшей:

$$\sum_{u=1}^N (Y_u - Y_{Ru})^2 \rightarrow \min$$



Рисунок 1 – Прибор для определения воздухопроницаемости

Общий вид регрессионной модели после определения коэффициентов:

$$Y_p = 82.70 - 0.15X$$

5. Адекватность полученной математической модели проверена по критерию Фишера. Дисперсия адекватности определена по разности квадратов экспериментального и расчетного значений выходного параметра. Расчетное значение критерия Фишера равно 2,1, а табличное значение – 3,1. Таким образом, гипотеза об адекватности регрессионной модели может быть принята.

6. Исследование полученной математической модели включает также проверку значимости коэффициентов по критерию Стьюдента:

$$tR \{d_i\} = \frac{|d_i|}{S\{d_i\}}$$

где  $d_i$  – значение коэффициента регрессии,  $S\{d_i\}$  – ошибка коэффициента.

Оба коэффициента регрессии значимы, следовательно, связь между выходным параметром  $Y$  и фактором  $X$  является значимой.

Для полученной регрессионной модели были определены и построены доверительные интервалы, которые показывают степень отклонения расчетных значений выходного параметра от истинного его значения при каждом уровне фактора.

Таким образом, проведенный однофакторный эксперимент позволил получить адекватную линейную математическую модель воздухопроницаемости нетканого иглопробивного полотна из вторичных полиэфирных волокон. Данное полотно может быть использовано в качестве геотекстиля в строительстве. Зная требуемую воздухопроницаемость материала и имея математическую модель, легко определить, какой поверхностной плотности необходимо выработать нетканое полотно.

#### Список использованных источников

1. Кирюхин, С. М. Текстильное материаловедение / С. М. Кирюхин, Ю. С. Шустов. – Москва: КолосС, 2011. – 360 с.
2. Методы и средства исследований механико-технологических процессов: учеб. для вузов. / под ред. А.Г. Севостьянова – Москва : МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. – 648 с.
3. ГОСТ 12088-77 Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости = Textile materials and articles of them. Method of determination of air permeability: межгосударственный стандарт: издание официальное – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003.
4. Полякова, Т. И. Методы и средства исследования текстильных процессов: учебно-методическое пособие / Т. И. Полякова, С. А. Голайдо. – Москва: ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2021. – 32 с.