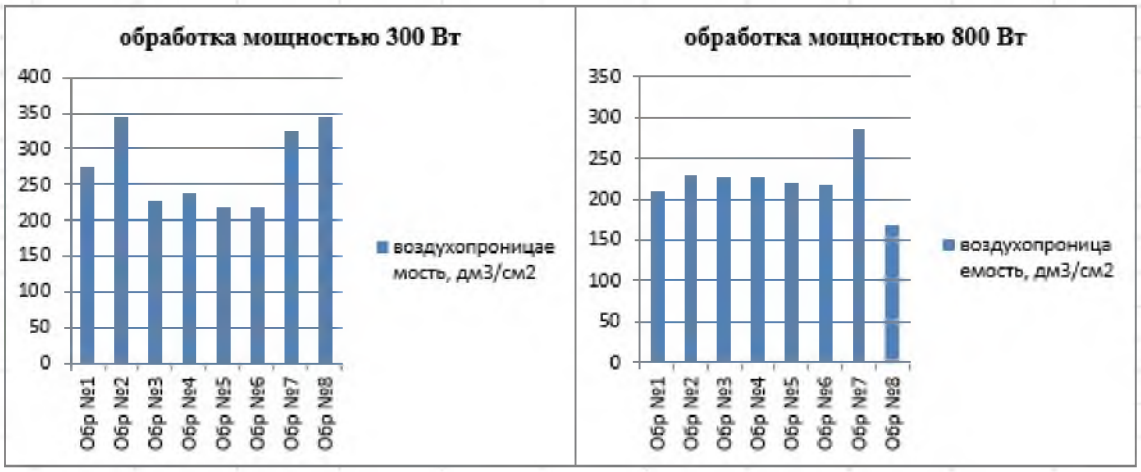



Рисунок 2 воздухопроницаемость трикотажных фильтровальных полотен после термообработки в среде СВЧ

Из анализируемых переплетений целесообразно выбирать производное комбинированное переплетение с использованием в качестве грунта высокоусадочной нити, в качестве утка - мультифиламентной пневмосоединенной нити.

# КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ПОЛИМЕРНОГО РАСТВОРА НА ЕГО ПРЯДИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НАНОКОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР СПОСОБОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ

Скобова Н.В., Ясинская Н.Н., Попко Е.П.,.Азарченко В.М, Демидова М.А.
УО «Витебский государственный технологический университет»

На кафедрах экологии и химических технологий, технологии текстильных материалов УО «Витебский государственный технологический университет» проводятся исследования по разработке технологии получения нанокомпозитных структур медицинского назначения способом электроформования на установке Fluidnatek LE-50 (рис. 1).



Рисунок 1 – Внешний вид установки Fluidnatek LE-50

Из литературных данных известно, что основными параметрами электроформования, обеспечивающими стабильность процесса и образование бездефектных волокон, являются вязкость, электропроводность и поверхностное натяжение растворов , значения которых, согласно теоретическим предпосылкам , должны находиться в определенных интервалах

значений: динамическая вязкость от 0,05 до 1 Па·с, электропроводность от 0,1 до 0,8 – 1,0 См/м и поверхностное натяжение ~ 50 мН/м [1]. В работах [2 - 6] отмечено, что снижение указанных характеристик до критического уровня может являться причиной образования дефектов в виде веретенообразных утолщений («груш» или «бусин»). Тем не менее, эти показатели установлены для ограниченного круга полимеров и требуют уточнения для исследуемых в работе композиций.

Объектом исследования выбраны прядильные составы на основе поливинилового спирта (ПВС) с функциональной добавкой глицерина (85 %-ный раствор).

В результате корреляционного анализа установлена средняя теснота связи между анализируемыми параметрами, что позволяет выявить вид регрессионных моделей взаимосвязи характеристик прядильных растворов от состава и концентрации компонентов полимерной композиции.

По матрице Коно проведен двухфакторный эксперимент, включающий 9 опытов с двумя повторностями в каждой серии опытов. В качестве входных параметров приняты:

- $X_1$,% - концентрация ПВС;
- $X_2$, % - содержание 85%-ного глицерина в составе прядильного раствора.

Выходные параметры:

- кинематическая вязкость ν, $м^2/с$;
- поверхностное натяжение σ, мН/м;
- краевой угол смачивания θ, град.;
- электропроводность χ, мкСм;
- интенсивности испарения W, г/за 30 мин.

Уровни варьирования факторов представлены в таблице 2, матрица планирования эксперимента и результаты измерения выходных параметров представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Уровни и интервалы варьирования входных факторов

| Наименование фактора | Натуральные значения | | | Кодированные значения | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | нижний | основной | верхний | нижний | основной | верхний |
| Концентрация ПВС $X_1$, % | 10 | 12 | 14 | -1 | 0 | 1 |
| Содержание глицерина, $X_2$, % | 10 | 20 | 30 | -1 | 0 | 1 |

Таблица 3 – Матрица планирования эксперимента и результаты измерения выходных параметров

| № оп. | $X_1$ | $X_2$ | χ, мкСм | W, г/за 30 мин | σ, мН/м | θ, град. | ν, $м^2/с$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | -1 | -1 | 326 | 0,00712 | 0,06747 | 22 | 0,4876 |
| 2 | -1 | 0 | 246 | 0,00675 | 0,06791 | 27 | 0,4854 |
| 3 | -1 | 1 | 173 | 0,00593 | 0,07127 | 33 | 0,5042 |
| 4 | 0 | -1 | 323 | 0,00463 | 0,05912 | 35 | 1,1271 |
| 5 | 0 | 0 | 266 | 0,00455 | 0,06632 | 30 | 1,1966 |
| 6 | 0 | 1 | 194 | 0,00396 | 0,06963 | 23 | 1,1786 |
| 7 | 1 | -1 | 448 | 0,00539 | 0,06376 | 43 | 1,5162 |
| 8 | 1 | 0 | 330 | 0,00454 | 0,07109 | 34 | 2,3824 |
| 9 | 1 | 1 | 216 | 0,00681 | 0,07064 | 27 | 2,3084 |

По данным полученным в результате экспериментальных исследований разработаны математические модели, описывающие зависимость характеристик прядильных растворов от их состава и концентрации компонентов.

- кинематическая вязкость:

$$\nu = 1{,}232 + 0{,}7716 \cdot X_1 + 0{,}194 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0{,}2022 \cdot X_2 \cdot X_1^2 \ (R^2=0.985) \quad (1)$$

- поверхностное натяжение:

$$\sigma = 0{,}06502 + 0{,}00353 \cdot X_2 + 0{,}0037 \cdot X_1^2 \ (R^2=0.897) \quad (2)$$

- электропроводность:

$$\chi = 280{,}222 + 41{,}5 \cdot X_1 - 85{,}667 \cdot X_2 \ (R^2=0.96) \quad (3)$$

- краевой угол смачивания:

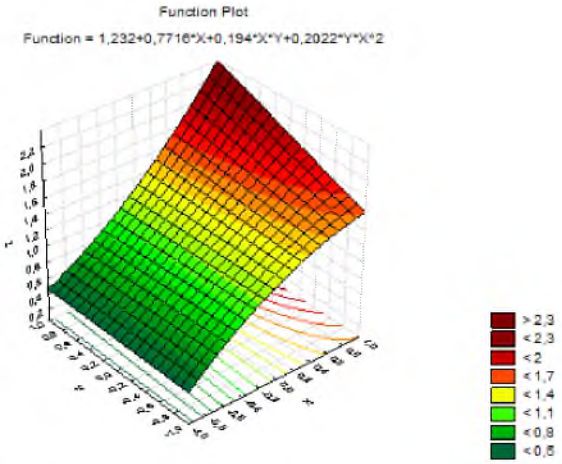
$$\theta = 29{,}33 + 3{,}667 \cdot X_1 - 6 \cdot X_2 - 6{,}75 \cdot X_1 \cdot X_2 + 1{,}667 \cdot X_1^2 + 4.75 \cdot X_2 \cdot X_1^2$$
$$(R^2=0.997) \quad (4)$$

- интенсивность испарения раствора за 30 минут:

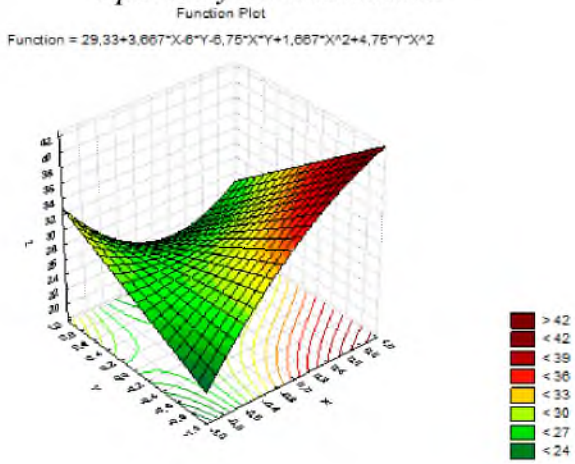
$$W = 0{,}00438 - 0{,}00089 \cdot X_1 - 0{,}00045 \cdot X_2 + 0{,}0037 \cdot X_1^2 \ (R^2=0.986) \quad (5)$$

Графическая интерпретация полученных зависимостей представлена на рисунке 2.

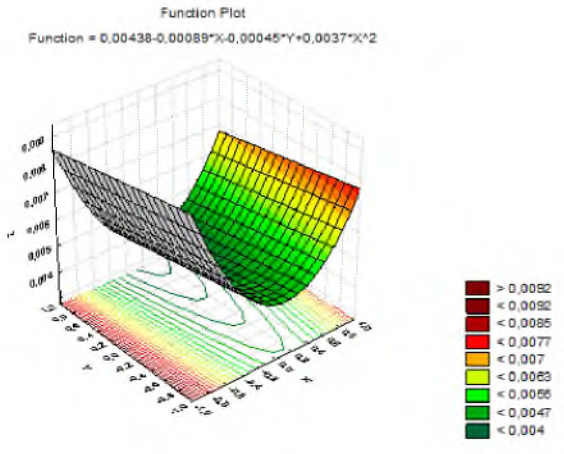
*Вязкость*




*Краевой угол смачивания*




*Интенсивность испарения*




*Электропроводность*

*Поверхностное натяжение*

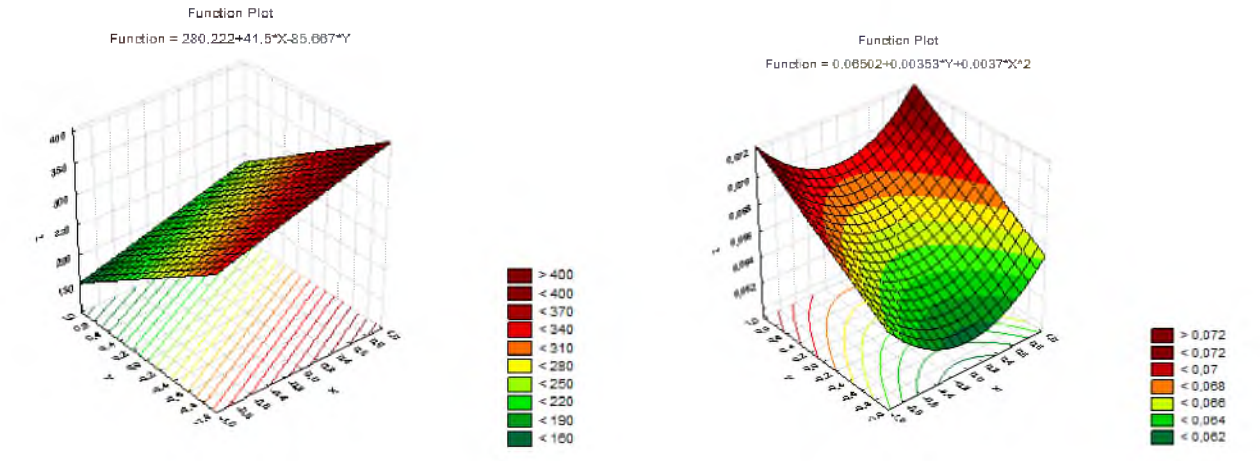



Рисунок 2 – Зависимость характеристик прядильных растворов от их состава и концентрации компонентов

Анализируя полученные зависимости можно сделать следующие выводы.

Вязкость прядильных растворов зависит от концентрации ПВС, с увеличением концентрации возрастает, и практически не зависит от содержания глицерина в композиции, добавление глицерина оказывает влияние лишь при максимальной концентрации ПВС – 14%. Концентрированные полимерные растворы представляют собой пространственную флуктуационную сетку, образованную ассоциатами макромолекул. Зависимость вязкости от состава и концентрации носит практически линейный характер. Учитывая рекомендуемые диапазоны вязкости полимерных растворов для электроформования, можно отметить пригодность составов 10:10, 10:20, 10:30, 12:10, 12:20, 12:30.

Схожий характер зависимости имеет электропроводность – линейно возрастает с увеличением концентрации ПВС и уменьшается при увеличении содержания в растворе неионогенного глицерина.

Поверхностное натяжение линейно возрастает с увеличением концентрации глицерина и принимает допустимые значения в интервале концентрации ПВС 10-12%.

Таким образом, анализ экспериментальных данных, математических моделей и графических зависимостей позволяет прогнозировать оптимальный состав прядильного раствора с заданными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филатов, Ю. Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ- процесс) [Текст] / Ю.Н. Филатов / Под ред. В. Н. Кириченко. – М.: ГНЦ РФ НИФХИ им. Л. Я. Карпова. – 2001. – 231 с.

2. Yong, Liu. Controlling numbers and sizes of beads in electrospunnanofibers / Yong Liu, Ji-Huan He, Jian-yong Yu, Hong-meiZeng // Polymer International. - 2008. - №57. - P. 632 – 636.

3. Teo, W.E. Review on electrospinning design and nanofibre assemblies / W.E.Teo, S. A. Ramakrishna // Nanotechnology. - 2006. - №17. - P. 89–106.

4. Dalton, P.D. Electrospinning of polymer melts: Phenomenological observations/ P.D. Dalton, D.Grafahrend, K.Klinkhammer, D.Klee, M.Moller // Polymer. – 2007. -№48. - P. 6823-6833

5. Дружинин, Э.А. Производство и свойства фильтрующих материалов из ультратонких полимерных волокон / Э.А. Дружинин. – М.: ИздАТ, 2007 г. – 280 с.- ISBN 5-86656-196-4.

6. Jian, H.Yu. The role of elasticity in the formation of electrospun fibers / H.Yu.Jian, S.V. Fridrikh, G.C. Rutledge // Polymer. – 2006. – № 47. – P.4789– 4797.