

2. Шалов, И. И. Технология трикотажного производства (Основы теории вязания) : учебник для вузов / И. И. Шалов, А. С. Давидович, Л. А. Кудрявин Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 296 с.
3. Чагина, Л. Л. Влияние модуля петли на показатели свойств льняных трикотажных полотен. / Л. Л. Чагина, Н. А. Смирнова, И. В. Землякова // Технология текстильной промышленности : Москва, 2010. – № 1(322). – С. 12–15.
4. Лисенкова, Л. И. Исследование деформационных свойств трикотажных полотен при одноосном и пространственном растяжениях / Л. И. Лисенкова, О. А. Смолина // Технология текстильной промышленности : Москва, 2016. – № 3 (363). – С. 163–166.
5. Махмудова, Г. Разработка структур и способов получения формоустойчивого кулирного уточного трикотажа / Г. Махмудова, В. Джанпаизова // Технология текстильной промышленности : Москва, 2012. – № 1(337). – С. 87–91.
6. Мирхалыков, Ж. Исследование влияния количества прессовых петель на физико-механические свойства трикотажных полотен / Ж. Мирхалыков, С. Байжанова // Технология текстильной промышленности : Москва, 2015. – № 1(355). – С. 178–181.
7. Махмудова, М. Влияние количества жаккардовых петель на физико-механические свойства / М. Махмудова, М. Каратаев // Технология текстильной промышленности : Москва, 2015. – № 1(355). – С. 34–38.
8. Emirhanova, Nergiz Effects of Knit Structure on the Dimensional and Physical Properties of Winter Outerwear Knitted Fabrics / Nergiz Emirhanova, Yasemin Kavusturan // FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe April, June 2008, – Vol. 16, – No. 2 (67). – С. 69–74.
9. Шустов, Ю.С. Основы текстильного материаловедения / Ю.С. Шустов. – Москва : ООО «Совъяж Бево», 2007. – 307 с.

УДК 677.076.49 : 620.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ПРЯДИЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ

*Черников И.И., маг., Рыклин Д.Б., д.т.н., проф., Демидова М.А., асс.  
Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье приведены результаты анализа изменения динамической вязкости прядильных растворов для электроформования при хранении. Осуществлен анализ материалов схожих исследований. Приведены рекомендации по условиям хранения прядильных растворов.

Ключевые слова: электроформование, нанометариалы, динамическая вязкость, условия хранения, прядильный раствор, поливиниловый спирт.

Метод электроформования из раствора полимера на данный момент является одним из самых перспективных методов получения микро- и нановолокнистых материалов. Достаточно высокая гибкость процесса электроформования позволяет получать функциональные материалы сложной структуры с заданными свойствами, которые применяются в биомедицине и косметологии. Сущность процесса электроформования заключается в получении полимерных волокон в результате действия электростатических сил на струю полимерного раствора или расплава [1].

Одними из важных вопросов организации производства нановолокнистых материалов являются условия и сроки хранения сырья. Такие свойства прядильных растворов, как поверхностное натяжение, электропроводность и интенсивность испарения растворителя напрямую связаны с характеристиками выбранного полимера и его растворителя, изменяются с течением времени в незначительной мере. При этом показатель динамической вязкости растворов может существенно снижаться или возрастать, тем самым оказывая влияние на процесс электроформования. Это вполне вероятно можно обосновать разной природой происхождения и уникальными свойствами полимеров, которые применяются при получении нановолокнистых материалов.

В связи с этим различными исследователями проводится изучение изменения динамической вязкости электроформовочных растворов во времени. Например, в работе [2] установлено,

что динамическая вязкость растворов хитозана животного и растительного происхождения существенно снижается при хранении, что приводит к увеличению среднего диаметра нановолокнистого покрытия из хитозана с увеличением времени хранения формовочного раствора с 230 нм на первые сутки до 340 нм на четырнадцатые сутки.

Аналогичные исследования проведены и с растворами из поливинилового спирта (ПВС) марки Selvol с применением капиллярного вискозиметра [3]. Исследования показали, что использование ПВС данной марки не позволяет осуществлять электроформование с высокой производительностью оборудования.

Таким образом, представляет интерес изучение данного вопроса применительно к прядильным растворам на основе полимеров других видов, в том числе с добавлением таргет-компонентов.

При проведении нами исследований в качестве исходного полимера для проведения исследований был выбран поливиниловый спирт марки Arkofil, так как данный полимер является одним из наиболее распространенных используемых для получения материалов медицинского и косметологического назначения методом электроформования, что обусловлено его относительно низкой стоимостью и биосовместимостью с организмом человека [4]. Экспериментально доказано, что прядильные растворы на основе ПВС марки Arkofil позволяют повысить производительность установки приблизительно в 3 раза.

Одним из важных компонентов в косметологии и медицине является глицерин. Его можно назвать одним из самых дешевых увлажняющих средств. Он входит в состав многих кремов, мазей, мыла. Глицерин выполняет защитную функцию кожи, так как сохраняет влагу в клетках кожи. В медицине его используют в качестве антисептика при комплексном лечении многих кожных заболеваний. Водопоглощающий эффект провоцирует дегидратацию и гибель болезнетворных бактерий.

Учеными широко изучено применение глицерина в получении биоразлагаемых нановолокнистых конструкций методом электроформования для инженерии нервной ткани, получение синтезированных электроформованных нановолокон из поливинилового спирта с добавлением глицерина и меда, нановолокнистых электроформованных пленок из глутена, содержащих глицерин, отличающихся повышенной водостойкостью и превосходной антимикробной активностью.

Таким образом, очевидно, что глицерин широко применяется в биомедицине и косметологии, где может выступать не только активным компонентом различных терапевтических средств, но и широко используется при производстве нановолокнистых материалов, покрытий и конструкций как в качестве основного лекарственного компонента, так и в качестве вспомогательного вещества [5].

Для определения изменения динамической вязкости при хранении были приготовлены два раствора: 14 %-ый раствор ПВС и раствор содержащий 14 % ПВС с добавлением 8 % глицерина. Измерение вязкости осуществлялось с использованием вискозиметра ротационного типа RM 100 Plus фирмы Lamy Rheology Instruments (Франция). Данный вискозиметр позволяет измерять вязкость веществ в диапазоне от 1 до 540 000 000 мПа·с в зависимости от измерительной системы. Полученные растворы были помещены в тару после чего герметично закрыты.

Таким образом, тара с растворами хранилась в лаборатории, где осуществлялись измерения, при температуре  $20 \pm 2$  °С. В таблице представлены полученные данные, характеризующие изменение динамической вязкости исследуемых растворов от времени хранения (табл. 1).

Таблица – Изменение динамической вязкости прядильных растворов во времени

Период хранения раствора	Динамическая вязкость, мПа·с	
	14 % ПВС	14 % ПВС + 8 % глицерина
0 (день приготовления)	1321,2	1025,2
1 день	1330,5	1030,3
2 день	1344,4	1059,4
3 день	1364,8	1073,2
4 день	1382,0	1116,8
7 день	1405,2	1134,6
10 день	1416,2	1167,6

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.