

Разработанная костюмная полушерстяная ткань обладает четким, мягким и приятным на ощупь грифом (по сравнению с базовым образцом), ее физико-механические свойства соответствуют требованиям нормативов, и может быть рекомендована к внедрению в массовое производство ОАО «Камволь».

#### Список использованных источников

1. Гришанова, С. С. Эргодизайн в текстиле / С. С. Гришанова, Н. В. Ульянова // Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект: сборник научных трудов. – М.: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. – С. 13–16.
2. ГОСТ 28000-2004. Ткани одежные чистшерстяные, шерстяные и полушерстяные. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 28000-88; введ 2007–01–01. – Минск: Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 26 от 8 декабря 2004 г.).
3. Материаловедение : учебное пособие / О. В. Лобацкая, Е. М. Лобацкая ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2011. – 323 с.

УДК 677.494

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА РАСТВОРА ФИБРОИНА ШЕЛКА НА ЕГО ВЯЗКОСТЬ

*Черников И.И., студ., Рыклин Д.Б., д.т.н., проф.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье приведены результаты анализа влияния состава прядильного раствора фиброина шелка на его вязкость.

Ключевые слова: фиброин, электроформование, наноматериалы, динамическая вязкость.

Способ электроформования является одним из наиболее перспективных способов получения нановолокнистых материалов. Возможность регулирования параметров данного процесса позволяет получать функциональные материалы сложной структуры с различными свойствами. Сущность процесса электроформования заключается в получении полимерных волокон в результате действия электростатических сил на струю полимерного раствора или расплава [1].

Перспективным природным полимером для получения новых материалов на основе применения нанотехнологий является фиброин шелка. Анализ литературных источников показал, что данный полимер представляет интерес для изготовления нановолокнистых материалов, покрытий и конструкций медицинского назначения, благодаря своим уникальным свойствам, таким как биоразлагаемость, проницаемость для воды и кислорода, свободное проникновение кислорода через нанопоры и поддержание необходимого уровня влажности в раневой поверхности [2-4].

Стабильность процесса электроформирования в значительной степени определяется свойствами прядильного раствора. Одним из важнейших свойств прядильного раствора является его динамическая вязкость. На первой стадии процесса электроформования с точки зрения его энергетики вязкость выступает как нежелательный фактор, увеличивающий потери энергии на преодоление внутреннего трения в жидкой струе, однако со всех других позиций – это не только положительный, но в ряде случаев существенный и даже решающий фактор для достижения желаемого результата. Во-первых, увеличенной вязкости соответствует более высокая концентрация полимера и, следовательно, большая весовая производительность процесса. Во-вторых, вязкость гасит капиллярные волны, разрушающие жидкую струю, и повышает ее устойчивость. И, наконец, в-третьих, через молекулярную массу и структуру полимера вязкость прядильного раствора связана с его реологическими и прочностными свойствами и способностью противостоять деформационным нагрузкам и кавитации [5]. Динамическая вязкость раствора при нормальных условиях должна находиться в диапазоне от 60 до 7000 мПа с (чаще всего – от 100 до 3000 мПа с).

Таким образом, целью данной работы является исследование влияния состава растворов фиброина шелка на динамическую вязкость, которая существенно влияет на процесс

электроформования.

Для приготовления прядильных растворов фиброина использовалась композиция из хлорида кальция, этилового спирта и дистиллированной воды.

На предварительном этапе исследований была осуществлена попытка получения нановолокнистого материала из полученного прядильного раствора фиброина. Однако процесс характеризовался высокой нестабильностью, что в значительной степени может объясняться его пониженной вязкостью. Кроме того, получаемый материал обладал повышенной адгезией к подложке. В связи с этим было принято решение для получения материалов использовать растворы, сочетающие в себе фиброин и поливиниловый спирт (ПВС) марки Arkofil PPL. Поливиниловый спирт хорошо изучен и широко используется в процессе электроформования, что обусловлено его относительно низкой стоимостью и уникальными свойствами.

Несмотря на широкое использование ПВС, в качестве основы прядильных составов для получения нановолокон способом электроформования, присутствие фиброина шелка требует изучения и анализа свойств, характеризующих волокнообразующую способность растворов полимера и его композиций.

В качестве входных факторов эксперимента приняты:

$X_1$  – масса фиброина в пробе, приходящаяся на 5,5 г растворителя, г;

$X_2$  – содержание 16 %-го раствора ПВС в прядильном растворе, %.

Уровни варьирования факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования входных факторов

Наименование фактора	Натуральные значения			Кодированные значения		
	нижний	основной	верхний	нижний	основной	верхний
Масса фиброина в пробе, $X_1$ , г	0,1	0,15	0,2	-1	0	1
Содержание раствора ПВС, $X_2$ , %	20	30	40	-1	0	1

Для измерения динамической вязкости (мПа\*с) был использован вискозиметр ротационного типа RM 100 Plus фирмы Lamy Rheology Instruments (Франция).

Обработка статических данных проводилась с использованием пакета программ Statistica for Windows. По данным полученным в результате экспериментальных исследований, разработана регрессионная модель, описывающая зависимость вязкости прядильных растворов от их состава. Получена следующая модель в кодированном значении (коэффициент детерминации  $R^2=0,977$ ):

$$\nu = 297,1 + 119,333 \cdot X_1 + 463,583 \cdot X_2 + 139,975 \cdot X_1 \cdot X_2 + 323,45 \cdot X_2^2$$

Графическая интерпретация полученной зависимости представлена на рисунке 1.

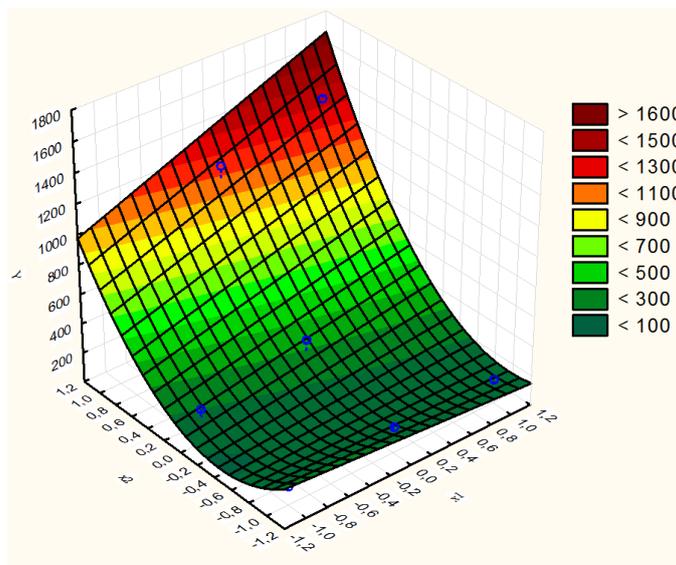


Рисунок 1 – Зависимость динамической вязкости растворов от их состава

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:  
– масса фиброина в пробе оказывает существенное влияние на вязкость только при высоком содержании ПВС в прядильном растворе;  
– при увеличении содержания раствора ПВС в составе композиции наблюдается увеличение динамической вязкости прядильного раствора практически независимо от массы используемого фиброина.

Экспериментальные исследования показали, что стабильность процесса электроформования материалов из полученных растворов повышается с увеличением их динамической вязкости в исследуемом диапазоне, как это и предполагалось предварительно. Полученные результаты будут использованы при проведении последующих исследований процесса электроформования из раствора на основе фиброина шелка.

#### Список использованных источников

1. Филатов, Ю. Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) // под редакцией В. Н. Кириченко. – М.: ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 1997.
2. Kundu, B. Silk fibroin biomaterials for tissue regenerations / B. Kundu, R. Rajkhowa, S.C. Kundu, X. Wang // Adv. Drug Deliv. Rev. – 2013. – Vol. 65. – P. 457–470.
3. Агапов, И. И. Биodeградируемые матрицы из регенерированного шелка *Bombyx mori* / И. И. Агапов, М. М. Мойсенович, Т. В. Васильева, О. Л. Пустовалова, А. С. Коньков, А. Ю. Архипова, О. С. Соколова, В. Г. Богущ, В. И. Севастьянов, В. Г. Дебабов, М. П. Кирпичников // Доклады академии наук. – 2010. – Т. 433. – № 5. – С. 699–702.
4. Сафонова, Л. А. Разработка и исследование 2D и 3D биodeградируемых скаффолдов на основе фиброина шелка для регенеративной медицины: дис. канд. биол. наук: 14.01.24 – НМИЦ ТИО имени ак. В. И. Шумакова. – Москва, 2019.
5. Петров, А. В. Критериальные параметры оценки растворов полимеров для электроформования волокон / А. В. Петров, И. Д. Симонов-Емельянов, Ю. Н. Филатов // Вестник МИТХТ. – 2012. – Том 7. – № 5. – С. 103-107.

УДК 677.021.12

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВСF КОВРОВОГО ЖГУТИКА НА ОАО «ВИТЕБСКИЕ КОВРЫ»

*Медвецкий С.С., к.т.н., доц., Колухонов В.А., студ., Сосновская А.И., маг.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье приведены результаты исследования технологического процесса получения ВСF ковровых нитей в производственных условиях ОАО «Витебские ковры». В ходе экспериментальных исследований установлены зависимости свойств ковровых нитей от времени вылёживания между технологическими переходами. Результаты исследований позволяют оптимизировать процесс производства нитей для вязально-прошивных и жаккардовых ковровых изделий.

Ключевые слова: ковровая нить, ВСF ковровый жгут, линейная плотность, нить Frieze.

ОАО «Витебские ковры» является лидером среди стран СНГ по производству ковровых изделий широкого ассортимента. В 2019 году для снижения себестоимости ковровых изделий и упрощения логистики поставок на предприятии была введена в эксплуатацию линия по получению ВСF полипропиленовых ковровых нитей, которые могут использоваться в производстве ворса для вязально-прошивных и жаккардовых ковровых изделий.

В ассортименте ковровых изделий для ворса применяются два типа нитей – Heat-Set и Frieze. Heat-Set – это нить, которая прошла дополнительную обработку после экструдера и по внешнему виду напоминает шерстяную пряжу (рис. 1). Выполненные из этой нити ковры на ощупь очень напоминают шерстяные.