

## ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ НАНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В работе осуществлена оценка изменения во времени динамической вязкости водных растворов поливинилового спирта двух марок, предназначенных для получения нановолокнистых материалов методом электроформования. Проанализированы требования, предъявляемые к растворам полимеров для электроформования. При определении динамической вязкости использовали капиллярный вискозиметр. Результаты измерений показали, что для получения нановолокнистых материалов методом электроформования целесообразно использовать растворы поливинилового спирта марки Sevol 205 в течение 3–4 дней после их приготовления.*

**Ключевые слова:** электроформование, нановолокнистый материал, раствор полимера, вязкость, поливиниловый спирт.

**D. B. Ryklin, V. M. Azarchenko, M. A. Demidova**  
Vitebsk State Technological University

## THE EVALUATION OF THE STABILITY OF POLYVINYL ALCOHOL SOLUTIONS PROPERTIES USED FOR ELECTROSPINNING OF NANOFIBROUS MATERIALS

*In this work, we estimated the time variation of the dynamic viscosity of aqueous solutions of polyvinyl alcohol of two different brands, which can be used for the production of nanofibrous materials by electrospinning. We analyzed the requirements for polymer solutions used for electrospinning. In determining the dynamic viscosity, a capillary viscometer was used. The measurement results showed that to obtain nanofibrous materials by electrospinning, it is advisable to use polyvinyl alcohol solutions of the brand Sevol 205 for 3 to 4 days after their preparation.*

**Keywords:** electrospinning, nanofibrous material, polymer solution, viscosity, polyvinyl alcohol.

Одним из перспективных направлений создания новых материалов различного назначения является применение для этой цели метода электроформования. Полученные данным методом нановолокна применяются для решения широкого спектра задач: для фильтрации высокодисперсных аэрозолей в системах очистки газоздушных выбросов и средствах защиты органов дыхания, для обеспечения антимикробных и противовирусных свойств, регулирования водо- и паропроницаемости, создания перевязочных средств при лечении обширных ожоговых поверхностей, длительно незаживающих ран и трофических язв. Также они используются в развитии тканевой инженерии, для систем контролируемой доставки лекарственных препаратов, при регенерации хрящевой, костной, нервной тканей, кожи, стенок кровеносных сосудов.

Метод электроформования отличается сочетанием высокой эффективности, аппаратурной простоты, высокой гибкости, позволяющей получать волокнистые материалы с широким диапазоном свойств и размеров единичного волокна – от микро- до нановолокон [1].

Важную роль в процессе электроформования нановолокнистых материалов играют свойства прядильного раствора. Для каждого конкретного вида полимера состав и пропорции раствора оптимизируют, как с точки зрения толщины получаемых волокон, так и по производительности процесса. Одним из критериев применимости раствора для электроформования является достижение растворения полного полимера в течение минимального времени без установления слишком жестких требований к процессу подготовки растворов (температура и давление), а также стабильность свойств в течение определенного времени.

К важнейшим свойствам, влияющим на процесс электроформования можно отнести динамическую вязкость волокнообразующего раствора. Известно, что для эффективного процесса электроформования динамическая вязкость раствора при нормальных условиях должна находиться в диапазоне от 60 до 7000 мПа·с (чаще всего – от 100 до 3000 мПа·с).

Значение вязкости раствора при электроформовании связано со следующими особенностями процесса. На первой стадии процесса электроформования с точки зрения его энергетике 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 [2, 3]. Увеличенной вязкости соответствует более высокая концентрация полимера и, следовательно, большая весовая производительность процесса. Вязкость гасит капиллярные волны, разрушающие жидкую струю, и повышает ее устойчивость. Кроме того, через молекулярную массу и структуру полимера вязкость прядильного раствора связана с его реологическими и прочностными свойствами и способностью противостоять деформационным нагрузкам и кавитации.

При проведении исследований использовали 15%-ный раствор поливинилового спирта (ПВС) марки Sevol 205 и 7,5%-ный раствор ПВС марки Sevol 523. Существенная разница в концентрации полимера в растворах связана с различиями их характеристик. ПВС является одним из наиболее перспективных полимеров для получения нановолокнистых материалов, что связано с его доступностью, относительно невысокой стоимостью, а также растворимостью в воде. Водорастворимость полимера, с одной стороны, способствует его биодegradации, а с другой – является фактором, позволяющим добавлять в волокнообразующие растворы широкий спектр лекарств и других активных веществ, также растворимых в воде.

Растворение гранул ПВС осуществлялось в дистиллированной воде с нагревом и тщательным перемешиванием до образования однородной гелеобразной субстанции. При проведении исследований для определения вязкости использовали метод, основанный на определении времени вытекания некоторого объема жидкости через капилляр, радиус и длина которого известны. Для определения вязкости растворов при проведении исследований использовался капиллярный вискозиметр. Измерения проводились в течение 5 суток каждый день в одно и то же время. В таблице приведены результаты экспериментальных исследований растворов ПВС марок Sevol 205 и Sevol 523.

Вязкость раствора существенно снижается в течение суток после его приготовления, а далее стабилизируется. Динамическая вязкость волокнообразующего раствора ПВС марки Sevol 205 увеличилась со второго по пятый день на 87 %, с 199,99 мПа·с до 372,13 мПа·с, вязкость раствора ПВС марки Sevol 523

увеличилось – на 54 %, что может объясняться испарением воды. Несмотря на то, что значения динамической вязкости обоих растворов находились в приемлемом для электроформования диапазоне, целесообразно использовать полученные растворы не более чем в течение 3–4 дней, так как при более длительном хранении вязкость растворов существенно повышается, что негативно сказывается на стабильности процесса электроформования.

**Таблица**

**Результаты измерений динамической вязкости растворов ПВС двух марок**

		1-й день	2-й день	3-й день	4-й день	5-й день
Динамическая вяз- кость, мПа·с	Sevol 205	329,09	199,99	230,61	244,35	372,13
	Sevol 523	326,68	296,55	339,94	387,15	455,67

Сопоставляя результаты исследований ПВС различных марок можно сделать вывод, что для получения нановолокнистых материалов методом электроформования целесообразно использовать поливиниловый спирт марки Sevol 205, так как более высокая его концентрация в растворе при наименьшей вязкости обеспечивает повышение производительности процесса электроформования.

#### Библиографический список

1. Получение нановолокон из хитозана методом электроформования / В. В. Мулярчик, В. Н. Данишевский, Е. С. Мазовка, Н. Р. Прокопчук, П. Г. Никитенко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі . – 2014. – № 4. – С. 5–8.
2. *Матвеев А. Т.* Получение нановолокон методом электроформования : учебное пособие для студентов по специальности «Композиционные наноматериалы» / А. Т. Матвеев, И. М. Афанасов. – М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2010. – 83 с.
3. *Филатов Ю. Н.* Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) / Ю. Н. Филатов. – М. : Нефть и газ, 1997. – 297 с.

**Н. А. Сахарова<sup>1</sup>, М. А. Курмузакова<sup>2</sup>**

Ивановский государственный политехнический университет

<sup>1</sup>nata1\_77@bk.ru, <sup>2</sup>marina-smile1@mail.ru

УДК 687:02

### ГЕНЕРИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ МАНЕКЕНОВ ФИГУР ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕНСКОЙ ОДЕЖДЫ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ

*В работе приведены результаты работы по разработке виртуальных манекенов женских фигур особо больших размеров для оптимизации процесса проектирования кастомизированной одежды на базе современных CLO 3D.*

*Ключевые слова:* 3D среда, манекен, конструкция, оцифровывание, кастомизация, проектирование.

**N. A. Sakharova, M. A. Kurmuzakova**

Ivanovo State Polytechnic University

### THE GENERATION OF VIRTUAL FIGURES MANKEENKS FOR OPTIMIZING THE PROCESS OF DESIGNING FEMALE CLOTHES OF LARGE SIZES