

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 677.076.49 : 620.3

**ДЕМИДОВА МАРИЯ АЛЕКСАНДРОВНА**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ**  
**НАНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ**  
**ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ**

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.19.02 – Технология и первичная обработка  
текстильных материалов и сырья

Научный руководитель  
доктор технических наук,  
профессор РЫКЛИН Д.Б.

---

Библиотека ВГТУ



Витебск, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Общая характеристика работы.....	5
Глава 1 Аналитический обзор литературы по вопросам производства, ассортименту и сферам применения нановолокнистых материалов.....	10
1.1 Характеристика процесса электроформования нановолокнистых материалов.....	10
1.2 Характеристика электроформованных материалов как разновидности нетканых текстильных материалов.....	14
1.3 Анализ принципиальной схемы и основных стадий процесса электроформования.....	16
1.4 Анализ влияния свойств прядильных растворов на протекание процесса электроформования.....	20
1.5 Влияние параметров процесса на протекание электроформования....	24
1.6 Анализ задач, решаемых при изучении процесса электроформования.....	27
1.7 Анализ ассортимента и сфер применения электроформованных нановолокнистых материалов.....	30
Выводы по главе 1.....	37
Глава 2 Исследование свойств прядильных растворов.....	38
2.1 Выбор состава прядильных растворов, обеспечивающих стабильное электроформование неоднородного нановолокнистого материала.....	38
2.2 Определение свойств прядильных растворов для электроформования нановолокнистого материала.....	44
2.3 Исследование изменения динамической вязкости прядильных растворов при хранении.....	52
Выводы по главе 2.....	54
Глава 3 Определение рациональных параметров процесса электроформования водорастворимых нановолокнистых материалов.....	55
3.1 Сравнительная характеристика установок для формирования нановолокнистых материалов.....	55
3.2 Определение рациональных параметров электроформования водорастворимых нановолокнистых материалов.....	59
3.3 Определение влияния состава растворов и параметров процесса электроформования на структуру и морфологию получаемых водорастворимых нановолокнистых материалов.....	67
3.4 Сравнительный анализ использования прядильных головок разных конструкций для электроформования нановолокнистых материалов.....	76
3.5 Обоснование закона распределения нановолокон по диаметру в материалах, полученных методом электроформования.....	79
Выводы по главе 3.....	87
Глава 4 Оценка свойств водорастворимых нановолокнистых материалов....	88

4.1 Обоснование выбора подложки для электроформования нановолокнистых материалов.....	88
4.2 Оценка адгезии нановолокнистого покрытия к подложке.....	90
4.2.1 Анализ существующих методов оценки адгезии покрытий.....	90
4.2.2 Обоснование возможности использования разрывной машины для оценки адгезии нановолокнистых материалов.....	93
4.2.3. Определение влияния добавления функционального компонента в прядильный раствор и вида подложки на адгезию нановолокнистого покрытия.....	97
4.3 Исследование влияния частоты вращения осадительного электрода на ориентацию электроформованных нановолокон.....	101
4.5 Исследование влияния ориентации нановолокон на физико-механические свойства электроформованных материалов.....	106
4.6 Влияние стерилизационной обработки на свойства нановолокнистых материалов.....	108
Выводы по главе 4.....	112
Глава 5 Разработка рекомендаций по созданию ассортимента нановолокнистых материалов медицинского и косметологического назначения.....	113
5.1 Структуры электроформованных нановолокнистых материалов и покрытий.....	113
5.2 Получение гемостатических пленок с механизмом доставки лекарств методом электроформования.....	117
5.3 Получение многослойных материалов методом электроформования.....	124
5.3.1 Получение двухслойных материалов со сниженной адгезией к подложке.....	124
5.3.2 Получение инкапсулирующих нановолокнистых многослойных материалов.....	127
5.4 Технологические рекомендации для получения ассортимента нановолокнистых материалов методом электроформования.....	129
Выводы по главе 5.....	133
Заключение.....	134
Список использованных источников.....	136
Приложение А. Акты внедрения в учебный процесс.....	154
Приложение Б. Заявка на выдачу патента о изобретении и уведомление о положительном результате предварительной экспертизы.....	159
Приложение В. Справка о возможности осуществлять получение нановолокнистых материалов на установке NS Lab-500.....	165
Приложение Г. Проект технологического регламента на материал косметологический.....	166

## ВВЕДЕНИЕ

Электроформование является современным методом получения нановолокнистых материалов различного назначения. Перспективность исследований по данному направлению подтверждается растущим числом разработок в области создания новых видов материалов методом электроформования. Это связано с уникальными свойствами вырабатываемых нановолокон и возможностью придания им специфических характеристик, что обеспечивает большую гибкость в функциональных возможностях получаемых материалов.

Значительный интерес представляет разработка инновационных нановолокнистых материалов, покрытий и структур для нужд медицины и косметологии, особое место среди которых занимают водорастворимые нановолокнистые материалы. В Республике Беларусь исследований по получению водорастворимых нановолокнистых материалов ранее не проводилось.

В то же время, создание электроформованных материалов, покрытий и структур соответствует результатам Комплексного прогноза научно-технического прогресса на 2021–2025 гг. и на период до 2040 г., согласно которому материалы и изделия медицинского или косметологического назначения из нановолокнистых материалов или с нановолокнистыми покрытиями имеют высокий потенциал для применения в медицине и фармакологии и включены в перечень перспективных товаров и технологий для разработки в Республике Беларусь. Также развитие сферы нанотехнологий является одним из приоритетных направлений развития экономики страны, приведенных в Стратегии «Наука и технологии: 2018–2040».