



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»,

д-р техн. наук, доцент

Н.Е. Гордина

« 11 »

09

2023 г.

### Отзыв ведущей организации

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет» на диссертацию **Макарова Бориса Павловича на тему: «Разработка технологии производства полиоксидазольных нитей на основе двухстадийного формования»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.16 – Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности

**Актуальность** темы диссертационной работы Макарова Б.П. обусловлена востребованностью в промышленности волокнистых материалов, обладающих определенным комплексом физико-механических свойств, и, в первую очередь, термостойкостью. В настоящее время российский рынок обеспечивается в основном за счет поступления импортного сырья и материалов. Разработки российских ученых в области получения термостойких и высокопрочных волокон, изучения их свойств, отечественная школа специалистов были забыты и не использовались в течение длительного времени, производство материалов из отечественных компонентов практически было утрачено.

Таким образом, представленное в настоящем диссертационном исследовании развитие научных подходов к созданию термостойких и высокопрочных волокон хорошо коррелирует с высокой потребностью реального производственного сектора в таких материалах и гарантирует актуальность и перспективность выбранной темы.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в создании инновационного способа двухстадийного (сухо-мокрого) формования полиоксидазольных нитей (ПОД-нитей), на изобретение которого получен патент РФ 2022113790/04 с приоритетом от 24.05.2022.

Дано теоретическое обоснование конструктивных и технологических параметров фильер для получения нитей стабильной структуры с высокой степенью разделения филаментов.

Создана опытная установка для получения ПОД-нити двухстадийным способом формования.



Определены оптимальные технологические параметры получения полиоксадиазольной комплексной нити двухстадийным (сухо-мокрым) способом с улучшенными потребительскими свойствами.

**Научная и практическая ценность работы** заключается:

- в разработке процесса формования, позволяющего исключить влияние дециклизующего реагента на первой стадии формования ПОД-нити. При этом сохраняется 100%-ная степень циклизации полимера;

- в создании математической интерпретации технологических факторов формования при продавливании раствора через фильерные капилляры;

- в оптимизации условий образования наружного каркаса свежесформованной нити при контакте с воздушной средой;

- в определении температурно-временных режимов образования структуры готовой комплексной ПОД-нити, исключая релаксационные процессы в ней.

При этом доказана возможность применения результатов исследований для освоения серийного выпуска отечественных термостойких волокон на основе полиоксадиазольных систем с улучшенными эксплуатационными характеристиками не уступающих, а по некоторым параметрам и превосходящих импортные аналоги. Выработанные по разработанным технологиям нити нашли применение при изготовлении многофункциональных материалов, в том числе для фильтрации горячих технологических газов и промышленного воздуха (патент RU2021110219 от 13.04.21).

**Степень достоверности и обоснованности результатов исследования, научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность и обоснованность результатов, полученных в диссертационной работе, обеспечены применением комплекса современных методов исследования, включающих как стандартные, так и специальные методики для испытаний свойств исследуемых объектов, а также аналитические методы исследования. Основу теоретических исследований составили положения теории физики полимеров и структурных преобразований волокнообразующих систем. При исследовании свойств ПОД-нитей применены методы термомеханического анализа (ТМА), динамической термогравиметрии (ТГА), дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), дифференциального термического анализа (ДТА). Обработка экспериментальных данных проводилась методами математической статистики.

Результаты и выводы характеризуются согласованностью, сопоставимы и не противоречат известным результатам теоретических и экспериментальных исследований.

**Личный вклад автора** не вызывает сомнений, состоит в выборе и обосновании методик, проведении экспериментальных исследований, обработке и обобщении результатов.

**Структура и содержание диссертации**

Диссертационная работа включает введение, пять глав, заключение, список использованной литературы (95 наименований), приложения.



Основная часть работы изложена на 109 страницах машинописного текста (29 рисунков, 37 таблиц и 8 приложений на 8 страницах).

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, указаны научная новизна, практическая и теоретическая значимость результатов, выносимых на защиту.

**В первой главе** на основе научно-технической литературы проведен анализ свойств термостойких и огнезащитных высокомодульных высокопрочных химических волокон отечественных и зарубежных производителей. Обоснован выбор класса термостойких волокнообразующих полиоксадиазольных систем и способ их формования для исследований.

**Во второй главе** проанализированы основные известные способы формования синтетических нитей, показаны преимущества и недостатки каждого из них.

Показано, что при получении химических волокон за счет ориентирования с циклизацией происходит структурирование макромолекул, следствием которого является повышение их физико-механических характеристик. При этом основное структурообразование происходит при вытягивании за счет ориентационных процессов (пластификационная и термовытяжка).

Приводится механизм образования непрерывной жидкой нити и приведены формулы расчета критической скорости истечения струи прядильного раствора, установлена кратность вытяжки для определения технологических параметров процесса. Показаны энергетические затраты при переходе изолированной капли в непрерывную цилиндрическую струю.

На основании анализа представленной в главе информации высказано предположение, что сухо-мокрый способ формования ПОД-системы, ранее не применяемый для этих полимеров, позволит сохранить степень циклизации, достигнутую при поликонденсации, ввиду отсутствия активатора дециклизации на первой стадии формования. В качестве технического решения предложен способ двухстадийного формования растворов полиоксадиазольных волокнообразующих систем.

**Третья глава** содержит описание конструкционных разработок для формования ПОД-нитей сухо-мокрым способом. Проведена модернизация конструкции фильеры по сокращению количества отверстий в фильере, уменьшению диаметра донышка, увеличению расстояния между отверстиями, изменения характера расположения, изменения формы отверстий с цилиндрической на коническую. Для реализации выбранного способа получения ПОД-нитей с повышенными прочностными свойствами автором разработана опытная установка с контролируемыми технологическими параметрами.

Представлена математическая интерпретация технологических факторов течения раствора через фильерные капилляры, включая скорость течения раствора в различных сечениях и фильерную вытяжку.



**В четвертой главе** приводятся результаты исследования и анализ эксплуатационных свойств ПОД-нитей сухо-мокрого формования.

Результаты термического анализа (ТГА и ДСК) подтвердили высокую термостойкость и теплостойкость полученных волокон.

На основании представленных результатов показано, что термическая обработка полиоксидазольных волокон вызывает как деструктивные процессы, приводящие к потере прочности, так и процессы упорядочения структуры аморфных областей и более равномерное распределение нагрузки вдоль полимерных цепей, что в итоге обеспечивает повышение механических свойств.

**В пятой главе** сообщаются результаты исследования возможности применения ПОД-нитей сухо-мокрого формования. Для прогнозирования областей применения указанных комплексных ПОД-нитей выполнен эксперимент по созданию структуры текстильного материала на основе полиоксидазольных нитей сухо-мокрого способа формования, обеспечивающей удержание мелкодисперсной пыли металлов размером до 1 мкм и позволяющей гарантированно выдерживать нормы предельно-допустимого выброса.

Основные положения и результаты диссертационной работы прошли апробацию на научно-технических конференциях различного уровня, отражены в 16 научных работах, в том числе в двух статьях, опубликованных в журнале, входящем в перечень ВАК, двух патентах, двух статьях в журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования «Scopus» и Web of Science.

Автореферат диссертации и опубликованные материалы отражают основное содержание и результаты, изложенные в диссертации.

#### **Рекомендации по использованию результатов диссертации:**

Результаты, полученные в диссертационной работе Макарова Б.П., могут быть использованы:

- предприятиями при освоении серийного выпуска ПОД - волокон сухо-мокрого способа формования;
- конструкторами при разработки фильеры для формования ПОД - волокон с повышенными эксплуатационными характеристиками.
- высшими учебными заведениями при подготовке специалистов для текстильной и легкой промышленности в рамках учебных дисциплин «Текстильное материаловедение», «Технологии получения химических нитей».

#### **Замечания по работе**

По представленной диссертационной работе и автореферату имеются следующие вопросы и замечания:

1. Чем обусловлена необходимость изменения конструкции фильеры?
2. Влияет ли порядок расположения отверстий в фильере на характеристики вырабатываемого волокна?



3. Каковы технологические преимущества разработанного способа сухо-мокрого формования ПОД-нитей?

4. Каким образом определяли состав свежесформованного жгута при разработке сухо-мокрого формования?

5. Каков экономический эффект от внедрения ПОД-нитей сухо-мокрого формования?

Замечания:

- в разделе 2.3.1. приведена некорректная формула циклизации;

- оформление списка использованных в работе литературных источников не соответствует ГОСТ.

Выявленные по диссертационной работе замечания носят методический характер и не отражаются на ее основных положениях и выводах.

### **Соответствие диссертации паспорту специальности**

Диссертация Макарова Б.П. соответствуют паспорту специальности 2.6.16 - Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности: п. 1. Инновационное развитие технологий первичной обработки и переработки волокон и производства нитей, материалов и изделий текстильной и легкой промышленности (ИТЛП); п. 3. Технологии (в том числе, нанотехнологии) волокон, нитей, материалов и ИТЛП; п. 19. Разработка новых материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства ИТЛП.

### **Заключение**

Диссертационная работа *Макарова Бориса Павловича* на тему «Разработка технологии производства полиоксиадиазольных нитей на основе двухстадийного формования» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком теоретическом и практическом уровне. В работе на основании проведенных исследований изложены научно обоснованные технические и технологические решения, относящиеся к двухстадийному (сухо-мокрому) способу формования полиоксиадиазольных нитей, которые вносят значительный вклад в развитие отечественной сырьевой базы получения химических волокон для производства термостойких высокопрочных изделий. Диссертация Макарова Б.П. выполнена на актуальную тему, имеет научную новизну, практическую значимость и соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.16 – Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Химическая технология волокнистых материалов» ФГБОУ ВО «Ивановский



государственный химико-технологический университет» (протокол № 2 от 04.09.2023).

**Отзыв составил:**

Профессор кафедры химической  
технологии волокнистых материалов  
ФГБОУ ВО «ИГХТУ», доктор  
технических наук (05.19.02 –  
Технология и первичная обработка  
текстильных материалов  
и сырья), доцент

Владимирцева Елена Львовна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Ивановский государственный химико-  
технологический университет» (ФГБОУ ВО «ИГХТУ»)

Почтовый адрес: 153000, ЦФО, Ивановская область, г. Иваново,  
Шереметевский проспект, д. 7.

Тел.: +7(4932) 32-92-41

E-mail: rector@isuct.ru

Подпись Владимирцевой Елены Львовны заверяю

*Ученый секретарь*



04.09.2023

*Юшкова А.А.*