

### ПРОТОКОЛ №3

заседание диссертационного совета 24.1.234.03 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федерального исследовательского центра  
«Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

от «24» декабря 2024 года

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 14 человек. Присутствовали на заседании 10 человек, из них 7 докторов по специальности 2.6.17 Материаловедение (технические науки).

Председатель заседания – председатель диссертационного совета Лебедев М.П.

Секретарь – ученый секретарь диссертационного совета Соколова М.Д.

#### **ПОВЕСТКА:**

*Принятие к защите диссертации* Марковой М.А. на тему «Разработка композиционных материалов триботехнического назначения на основе политетрафторэтилена, модифицированного углеродным волокнистым наполнителем» по специальности 2.6.1.7 Материаловедение (технические науки) на соискание ученой степени кандидата технических наук.

#### **ПРИСУТСТВОВАЛИ:**

д.т.н., чл.-корр. РАН Лебедев М.П. (2.6.17), д.т.н. Голиков Н.И. (2.5.8), д.т.н. Лепов В.В. (2.6.17), д.т.н., доц. Соколова М.Д. (2.6.17), д.т.н., проф. Старостин Н.П. (2.5.8), д.т.н. Сукнев С.В. (2.6.17), д.т.н., проф. Яковлева С.П. (2.6.17), д.т.н. проф. С.Н. Попов (2.6.17).  
онлайн: д.т.н., проф. Охлопкова А.А. (2.6.17), д.т.н. Маликов А.Г. (2.5.8).

#### **СЛУШАЛИ:**

Сообщение члена экспертной комиссии диссертационного совета 24.1.234.03 доктора технических наук, профессора Яковлевой Софьи Петровны по диссертационной работе Марковой Марфы Алексеевны «Разработка композиционных материалов триботехнического назначения на основе политетрафторэтилена, модифицированного углеродным волокнистым наполнителем», представляемой на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки):

Представленная Марковой М.А. диссертационная работа посвящена разработке композитов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) углеродным волокнистым наполнителем марки УВИС-АК-П для улучшения комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств различными приемами механоактивации компонентов, влияющих на структурообразование, деформационно-прочностные, триботехнические показатели и механизмы изнашивания при трении скольжения.

В соответствии со «Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» обеспечение создания новых функциональных и конструкционных материалов, адаптированных к арктическим условиям, является приоритетной задачей. Вследствие сочетания высокой морозостойкости и теплостойкости, а также других уникальных свойств, композиты на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) остаются до сих пор одними из наиболее востребованных триботехнических композитов в производстве транспорта, оборудования и механизмов, эксплуатируемых в экстремальных условиях. В

то же время ПТФЭ имеет существенные недостатки в виде высокой ползучести, низкой теплопроводности, высокого коэффициента линейного расширения, что стимулирует поиск новых модификаторов и технологических способов устранения описанных недостатков.

В диссертационной работе впервые развиты научно-обоснованные технические решения создания и управления свойствами ПКМ на основе ПТФЭ, модифицированного углеродным волокнистым наполнителем марки УВИС-АК-П, путем варьирования соотношения компонентов в полимерном концентрате и использованием различных способов механической активации компонентов. Предложен комплексный подход по разработке ПКМ триботехнического назначения, включающий комбинацию технологических приемов в процессе переработки композитов, в зависимости от содержания наполнителя. Предложена математическая модель трибопроцесса с ограничением допустимой температуры на выходе из скользящего контакта ПКМ-стальное контртело до 120 °С, с использованием которой определены предельные нагрузочно-скоростные параметры разработанных ПКМ.

**Соответствие темы и содержание диссертации научной специальности 2.6.17** Материаловедение (технические науки) и паспорту специальности: п.1 «Разработка новых неметаллических и композиционных материалов с заданным комплексом свойств путем установления фундаментальных закономерностей влияния дисперсности, состава, структуры, технологии, а также эксплуатационных и иных факторов на функциональные свойства материалов, теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры неметаллических материалов и композитов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств»; п.2 «Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих в гетерогенных и композиционных структурах»; п.3. «Разработка научных основ выбора неметаллических и композиционных материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации деталей, изделий, машин и конструкций»; п.4. «Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых неметаллических и композиционных материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, биомедицинскими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой»; п.5. «Установление закономерностей и критериев оценки разрушения неметаллических и композиционных материалов от действия механических нагрузок и внешней среды»; п.6. «Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств неметаллических и композиционных материалов»; п.16. «Создание неметаллических и композиционных материалов, способных эксплуатироваться в экстремальных условиях». Это подтверждается публикациями автора в рецензируемых научных журналах по соответствующему профилю: «Перспективные материалы», «Вестник машиностроения», «Материаловедение», «Трение и износ», «Природные ресурсы Арктики и Субарктики» и других.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени.** Материалы диссертационного исследования изложены в 11 статьях, опубликованных в научных журналах из перечня ВАК и зарубежных журналах и изданиях, включенных в библиографические базы данных Web of Science и Scopus, что соответствует требованиям п.п. II.11, II.13 Положения о присуждении ученых степеней.

В ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК, опубликованы 8 статей, в том числе:

1. Петрова, П.Н. Разработка материалов триботехнического назначения на основе политетрафторэтилена и углеродных волокон марки УВИС-АК-П / П.Н. Петрова, М.А. Маркова, М.Е. Готовцева // Вопросы материаловедения. – 2017. – № 4 (92). – С. 90-99.
2. Маркова, М.А. Исследование влияния углеродных волокон и технологий получения композитов на свойства ПКМ на основе политетрафторэтилена / М.А. Маркова, П.Н. Петрова // Перспективные материалы. – 2020. – № 11. – С. 59-68.
3. Петрова, П.Н. Исследование свойств композитов на основе политетрафторэтилена и углеродных волокон в зависимости от технологии получения / П.Н. Петрова, М.А. Маркова, В.Д. Черных // Материаловедение. – 2023. – № 3. – С. 22–32.

Диссертация Марковой М.А. представляет собой законченную, самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, содержащие новые результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты и свидетельствующие о личном вкладе автора в науку, что соответствует п. II.10 Положения о присуждении ученых степеней. Диссертация представляется к защите впервые.

#### **Основные результаты, полученные в диссертационной работе:**

1. Установлены закономерности влияния технологических параметров совмещения компонентов на процессы структурообразования полимерного композита ПТФЭ-УВ. Показано, что использование технологического приема подготовки компонентов, заключающееся в смешении  $\frac{1}{2}$  части исходного ПТФЭ с предварительно активированной в планетарной мельнице в течение 2 минут при скорости вращения барабанов 400 об/мин смесью ПТФЭ с УВ марки УВИС-АК-П, а также комбинация технологии поэтапного смешения компонентов с активацией порошковой смеси путем вальцевания с зазором между валками менее 1 мм, способствуют реализации структурной активности частиц УВ и формированию структуры более высокого порядка в виде плотноупакованных сферолитоподобных образований с центрами кристаллизации на поверхности частиц УВ за счет интенсификации адгезионного взаимодействия на границе раздела фаз полимер-наполнитель.
2. Установлены закономерности влияния состава и способа получения ПКМ на последовательность процессов разрушения при трении, определяющих скорость изнашивания полимерных композитов с дискретными волокнами. При содержании в ПТФЭ УВ в диапазоне 1-3 мас. %, в первую очередь, изнашивается мягкая полимерная составляющая композита, при повышении содержания УВ до 5-10 мас. % частицы наполнителя при трении выступают на поверхностях и воспринимают часть нагрузки на себя, что вызывает повышение износостойкости ПКМ в значительной степени. При этом использование разработанных технологий совмещения и активации компонентов способствует упрочнению поверхностного слоя за счет интенсификации адгезионного взаимодействия ПТФЭ-УВ, что повышает устойчивость волокна на полимерном основании и значительно замедляет процесс вовлечения полимерного связующего в процесс трения.
3. Выявлено изменение спиральной конформации макромолекул ПТФЭ с переходом от конформации  $13_6$  к более стабильной конформации  $15_7$  при повышении подаваемой на ПКМ нагрузки в процессе трения, связанное с протеканием процессов аморфизации и рекристаллизации полимерного композита, что приводит к упрочнению поверхностного слоя полимерного материала.

Диссертация соответствует требованиям п. II.9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в рамках которой на основании проведенных исследований разработаны композиционные материалы триботехнического назначения на основе политетрафторэтилена, модифицированного углеродным волокнистым наполнителем и выявлена взаимосвязь их свойств с технологическими параметрами совмещения компонентов.

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы заключается в расширении научных представлений в области материаловедения полимеров о влиянии

технологических приемов введения наполнителей в полимер на структуру, механические и триботехнические характеристики композиционных материалов на основе политетрафторэтилена.

**Практическая значимость результатов диссертационной работы** состоит в разработке технологических приемов получения композиционных материалов, основанных на смешении  $\frac{1}{2}$  части исходного ПТФЭ с предварительно активированной в течение 2 минут при скорости вращения барабанов планетарной мельницы 400 об/мин смесью ПТФЭ с УВ марки УВИС-АК-П и в активации порошковой композиции путем вальцевания, что привело к разработке новых ПТФЭ-композитов с повышенными до 2000 раз износостойкостью и в 1,7-4 раза сопротивляемостью деформациям ползучести по сравнению с аналогичными показателями для исходного полимера. На разработанный материал с содержанием УВ 5 мас %, полученного с использованием технологического приема механической активации в планетарной мельнице, получен патент РФ № 2675520. Разработанные технологические приемы перспективны для использования при создании ПТФЭ-композитов, содержащих и другие виды волокон. Разработана математическая модель трибопроцесса с ограничением допустимой температуры на выходе из скользящего контакта ПКМ-стальное контртело до 120 °С, позволившая определять нагрузочно-скоростные параметры трения разработанных материалов. Математическая модель и предложенная методика вычисления могут быть использованы для оценки температурных полей и определения нагрузочно-скоростных параметров для других ПКМ. Разработанные композиты прошли опытно-промышленные испытания в системах водоснабжения и отопления АО «Водоканал» г. Якутска в качестве уплотнений и прокладок.

**Заимствование материалов** других исследователей автор производит только во введении, обзоре литературы и при обсуждении полученных в диссертации результатов. Все заимствования оформлены полными литературными ссылками, согласно требованиям п. II.14 Положения о присуждении ученых степеней. Оригинальность содержания диссертации составляет не менее 74,33 % от общего объема текста (автоматический отчет прилагается).

**Об идентичности текста диссертации и сведениях в документах.** Текст диссертации, представленный в диссертационный совет, идентичен тексту диссертации, размещенному на официальном сайте ФИЦ ЯНЦ СО РАН. Недостоверных сведений в документах, представленных соискателем ученой степени в диссертационный совет к предварительному рассмотрению, не выявлено.

**Диссертация Марковой М.А. соответствует профилю диссертационного совета 24.1.234.03, а именно профилю специальности 2.16.17 – Материаловедение (технические науки).**

**Комиссия рекомендует в качестве оппонентов:**

Адаменко Нина Александровна – профессор кафедры «Материаловедение и композиционные материалы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», д.т.н по научной специальности 05.02.01 Материаловедение (машиностроение).

Бауман Юрий Иванович – старший научный сотрудник ФГБУН «Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН», к.х.н. по специальности 02.00.15 – Кинетика и катализ.

**ФГБУН Байкальский институт природопользования СО РАН рекомендован в качестве ведущей организации.**

Согласие оппонентов и ведущей организации получены.

**Заключение экспертной комиссии.** С учетом вышеизложенного экспертная комиссия рекомендует принять к защите в диссертационном совете 24.1.234.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской

академии наук» диссертацию Марковой Марфы Алексеевны на тему «Разработка композиционных материалов триботехнического назначения на основе политетрафторэтилена, модифицированного углеродным волокнистым наполнителем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.16.17. Материаловедение (технические науки).

#### ПОСТАНОВИЛИ:

1. на основании заключения комиссии и соответствия предоставленных соискателем документов требованиям п.IV.29 «Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» *принять диссертационную работу* Марковой Марфы Алексеевны «Разработка композиционных материалов триботехнического назначения на основе политетрафторэтилена, модифицированного углеродным волокнистым наполнителем» для защиты в диссертационном совете 24.1.234.03;
2. назначить официальными оппонентами:  
Адаменко Нину Александровну, доктора технических наук, профессора кафедры «Материаловедение и композиционные материалы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»;  
Баумана Юрия Ивановича, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника ФГБУН «Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН»;
3. назначить в качестве ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук;
4. защиту провести 14 марта 2025 г.;
5. разрешить соискателю Марковой М.А. распечатать автореферат;
6. поручить ученому секретарю совета Соколовой М.Д. подготовить дополнительный список рассылки автореферата Марковой М.А.;
7. поручить ученому секретарю совета Соколовой М.Д. представить текст объявления о защите диссертации Марковой М.А. в Минобрнауки РФ и разместить на сайте ФГБУН Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» объявление о защите и автореферат диссертации Марковой М.А.
8. поручить комиссии диссертационного совета 24.1.234.03 в составе членов совета: д.т.н. Старцева О.В. (председатель комиссии), д.т.н. Лепова В.В, д.т.н. Яковлевой С.П. (члены комиссии) подготовить проект заключения по диссертации Марковой М.А.

Результаты голосования: «за» - 10; «против» - 0 ; «воздержалось» - 0.

Председатель  
диссертационного совета 24.1.234.03  
д.т.н., чл.-корр. РАН



Лебедев Михаил  
Петрович

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.1.234.03  
д.т.н., доцент

Соколова Марина  
Дмитриевна