ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Тарасовой Прасковьи Николаевны «
Разработка композиционных материалов на основе политетрафторэтилена, алюмосиликатов подгруппы каолинита и шпинели магния»
на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.11 — Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

Актуальность избранной темы.

Диссертация посвящена разработке полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) — одного из наиболее востребованных антифрикционных полимеров, — модифицированных алюмосиликатами подгруппы каолинита (каолинитом и галлуазитом) и синтетической шпинелью магния. Актуальность темы не вызывает сомнений.

ПТФЭ обладает уникальным комплексом свойств — рекордно низкий коэффициент трения, химическая инертность, широкий температурный диапазон работоспособности (от −269 до +260 °C), однако его применение сдерживается низкой износостойкостью и высокой хладотекучестью. Традиционные наполнители (кокс, дисульфид молибдена, стекловолокно) решают эти проблемы частично, но часто обладают собственными недостатками - абразивным воздействием на контртело, высокой стоимостью или экологическими ограничениями.

Использование природных алюмосиликатов подгруппы каолинита доступных, термостойких и обладающих эффектом самосмазывания, в сочетании с наноразмерной шпинелью магния представляет собой новый и научно обоснованный подход к созданию ПКМ триботехнического назначения. Особенно ценным является то, что работа выполнена в контексте потребностей машиностроения в условиях Севера, где требования к герметизирующим и антифрикционным материалам особенно жёсткие.

Оценка содержания диссертации.

Диссертационная работа Тарасовой П. Н. построена традиционно. Она состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы (256 источников) и двух приложений. Объём — 195 страниц, 88 рисунков, 32 таблицы. Структура работы логична и соответствует поставленным цели и задачам.

Во введении автор обосновала актуальность диссертационной работ, сформулировала цель, определила задачи, научную новизну и практическую значимость работы, представила основные результаты и положения, выносимые на защиту.

Первая глава представляет собой литературный обзор, в котором рвссмотрены антифрикционные полимерные материалы, ПКМ триботехнического назначения на основе ПТФЭ, полимер-силикатные нанокомпозиты и алюмосиликаты подгруппы каолинита как перспективные модификаторы

Вторая глава – это экспериментальная часть, в которой охарактеризованы объекты исследования, приведены методики получения композиций, изготовления образцов для испытаний и методы исследования полученных материалов. Автор использовала широкий набор современных методов: рентгеноструктурный анализ, дифференциальную сканирующую калориметрию, термомеханический анализ, сканирующую электронную микроскопию с энергодисперсионной спектроскопией, ИК-спектроскопию, рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию, атомно-абсорбционную спектроскопию, лазерный анализ частиц, анализатор газовой сорбции. Эксплуатационные показатели определены по стандартным методикам. Выбранные автором методы свидетельствуют о высоком уровне исследований и надежности полученных данных.

Третья глава диссертации крупнейшая по объёму и содержит основной экспериментальный материал по структуре и физико-механическим свойствам композитов. Проведен большой спектр исследований как самих исходных и механоактивированных наполнителей, их влияния на формирование эксфолиированной структуры в ПКМ, структурных и физико-механических характеристик получаемых композитов. Полученные данные подвергнуты детальному и объективному анализу.

Четвертая глава посвящена рассмотрению ключевых результатов работы – триботехническим характеристикам ПКМ и исследованию механизмов изнашивая материалов. Предложены конкретные схемы трибохимических реакций: окисление с образованием солей перфторкарбоновых кислот, фторирование с образованием фторидов металлов, образование оксидов. В данной главе в единую картину объединены триботехнические, структурные и химические данные, а также проведено сравнение разработанных композиций с промышленно-выпускаемыми аналогами.

Заключение корректно суммирует основные результаты работы и соответствует поставленным задачам, выводы обоснованы полученными экспериментальными данными.

В приложении приведены акты внедрения разработанных композиционных материалов от АО «Сахатранснефтегаз» и ООО «МИП Графен».

Диссертационная работа написана хорошим языком и подтверждает профессионализм автора в представлении и обсуждении результатов исследований. Материалы изложены технически грамотно и оформлены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертационным работам. По материалам диссертации имеется 15 публикаций, в том числе, 4 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, 2 статьи в журналах, индексируемых в базах Web of Science и Scopus, 1 патент РФ, 8 тезисах и докладах в сборниках материалов конференций. Автореферат полно отражает основные положения диссертационной работы, её научную новизну и практическую значимость. Текст реферата изложен в объёме, достаточном для полного понимания проведённых исследований.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, выносимые на защиту, обоснованы комплексом проведенных экспериментальных исследований. Автор использовала современные методы исследования, включая рентгеноструктурный анализ, дифференциальную сканирующую калориметрию, термомеханический анализ, сканирующую электронную микроскопию с энергодисперсионной спектроскопией, ИК-спектроскопию, рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию, атомно-абсорбционную спектроскопию, лазерный анализ частиц, анализатор газовой сорбции. Результаты статистически обработаны и подтверждены производственными испытаниями.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность результатов исследования подтверждается комплексным подходом к проведению работы, использованием современных методов научного познания и согласованностью результатов, полученных разными методами. Выводы по результатам работы соответствуют поставленным цели и задачам диссертационного исследования.

Научная новизна диссертационных исследований заключается в следующем:

1. Автором впервые показана возможность образования эксфолиированной структуры в ПКМ на основе ПТФЭ и каолинита, что подтверждено методами рентгеноструктурного анализа и сканирующей электронной микроскопии. Это крайне важно, поскольку для неполярного ПТФЭ, обеспечение интеркаляции и тем более эксфолиации слоистого силиката является нетривиальной задачей.

2. Автор провела систематическое сопоставление влияния каолинита (пластинчатая морфология) и галлуазита (трубчатая морфология) на структуру и свойства ПКМ. Установлено, что каолинит обеспечивает формирование материала с лучшими триботехническими характеристикам, показано, что не только химический состав, но и морфология частиц минерала определяет эксплуатационные свойства композита.

3. Наиболее значимым научным результатом является установление механизмов изнашивания ПКМ, базирующихся на образовании защитного слоя вторичной структуры из продуктов трибохимической деструкции. Автором предложены конкретные схемы трибохимических реакций: окисление с образованием солей перфторкарбоновых кислот, образование фторидов и оксидов металлов. Образующиеся продукты выступают ингибиторами изнашивания и формируют самоорганизующийся износостойкий трибослой. Для обоснования этих механизмов привлечён широкий арсенал методов: ИК-спектроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, энергодисперсионная спектроскопия, что придаёт выводам высокую степень достоверности.

4. Совместное введение алюмосиликата и шпинели магния позволило достичь синергетического эффекта: алюмосиликат обеспечивает формирование защитного трибослоя, а шпинель магния повышает прочность и жёсткость матрицы. Это практическое подтверждение концепции комбинированного наполнения — перспективного направления в создании ПКМ.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

Теоретическая значимость работы состоит в том, что она существенно дополняет научные представления в области полимерного материаловедения и трибологии фторполимеров. Автор успешно разрешила проблему термодинамического и адгезионного отторжения между неполярной, гидрофобной матрицей ПТФЭ и гидрофильной поверхностью природных слоистых, ограничивающую создание высокоэффективных нанокомпозитов на основе политетрафторэтилена. Автор расширила теоретические представления о процессах формирования устойчивых граничных пленок переноса в условиях сухого фрикционного контакта.

Практическая значимость диссертационной работы Тарасовой П.Н. не вызывает у оппонента никаких сомнений. Разработанные составы ПКМ защищены патентом РФ № 2699109. Материалы внедрены в реальную эксплуатацию: уплотнительные кольца для редуктора газового баллона на ООО «МИП Графен» (г. Якутск) и уплотнения резьбовых соединений кранов газового адсорбера на АО «Сахатранснефтегаз» (г. Якутск). Таким образом, результаты работы не ограничиваются лабораторным уровнем, а доведены до практического применения в газовой отрасли, что особенно ценно с учётом суровых климатических условий Республики Саха (Якутия).

Результаты диссертационной работы могут быть интересны для следующих научных коллективов: Институт химии ДВО РАН (Владивосток), Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН (г.Якутск), Институт проблем нефти и газа СО РАН (г. Якутск), Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН (г. Москва) ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», «Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси (Гомель), а также предприятий, выпускающих триботехнические, уплотнительные и герметизирующие изделия, а также изделия из фторопластов.

Замечания и вопросы по диссертационной работе:

В то же время, рассматривая работу в целом, считаю необходимым отметить ряд моментов, требующих обсуждения:

1. Механизм эксфолиации каолинита в неполярной матрице ПТФЭ. Автор показывает, что механоактивация каолинита приводит к разрушению водородных связей и повышению реакционной способности поверхности. Однако ПТФЭ неполярный полимер, не способный к образованию водородных связей или ион-дипольных взаимодействий с поверхностью силиката. В связи с этим остаётся неясным: за счёт каких конкретно межфазных взаимодействий происходит внедрение макромолекул ПТФЭ в межслоевое пространство каолинита?

2. Триботехнические характеристики, особенно износ, известны высокой чувствительностью к условиям испытаний (шероховатость

контртела, температура в зоне контакта, скорость скольжения). В диссертации приведены результаты испытаний при разных нагрузках и скоростях, но не указаны доверительные интервалы и количество параллельных измерений.

3. Оптимальные концентрации наполнителей, при которых достигается максимальная износостойкость, составляют, согласно тексту, 5–10 % мас. для комбинированных составов. Однако не ясно насколько стабильно распределение наполнителя в лабораторных условиях и при переходе к промышленному производству композитов и изделий из них.

4. В работе приведены данные по физико-механическим свойствам при пониженной температуре, что заслуживает высокой оценки. Однако триботехнические испытания, по-видимому, проводились при комнатной температуре. Для материалов, предназначенных для эксплуатации в условиях Севера, представляет интерес поведение композиций при отрицательных температурах: как формируется защитный трибослой в условиях ограниченной подвижности макромолекул?

5. Установлено, что каолинит превосходит галлуазит по триботехническим характеристикам. Однако в литературе трубчатая морфология галлуазита часто рассматривается как преимущество из-за возможности интеркаляции полимера внутрь нанотрубок. Проводилось ли сравнение степени интеркаляции/эксфолиации для обоих наполнителей при одинаковых режимах механоактивации?

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертация Тарасовой Прасковьи Николаевны на тему «Разработка композиционных материалов на основе политетрафторэтилена, алюмосиликатов подгруппы каолинита и шпинели магния» представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, в котором содержится решение актуальной научно-технической задачи — разработки новых полимерных композиционных материалов с повышенной износостойкостью для герметизирующих и антифрикционных деталей, работающих в широком температурном диапазоне.

Диссертационная работа на тему «Разработка композиционных материалов на основе политетрафторэтилена, алюмосиликатов подгруппы каолинита и шпинели магния» соискателя Тарасовой П.Н. по своему содержанию соответствует специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов, а именно пунктам:

п. 2 в части «Полимерные материалы и изделия: пластмассы, компаунды, композиты, включая наноматериалы; свойства синтетических и природных полимеров, исследования в направлении прогнозирования состав свойства, процессы и технологии модификации»;

п. 3 в части «Физико-химические основы процессов, происходящих в материалах на стадии изготовления изделий, в процессе эксплуатации»

п. 6 в части « Полимерное материаловедение; разработка принципов и условий направленного и контролируемого регулирования состава и структуры синтетических и природных полимерных материалов для обеспечения заданных технологических и эксплуатационных свойств;

разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры; испытание и определение физико-механических и эксплуатационных характеристик синтетических и природных полимерных материалов и изделий».

Диссертационная работа Тарасовой Прасковьи Николаевны по своей актуальности, научной новизне, практической значимости полученных результатов полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в актуальной редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Считаю, что автор диссертационной работы Тарасова Прасковья Николаевна полностью заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11 - Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Официальный оппонент:
Русанова Светлана Николаевна, доцент, доктор химических наук (по специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов), доцент кафедры технологии пластических масс Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

/Русанова Светлана Николаевна /

Контактные данные:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра «Технологии пластических масс», доцент
Адрес: 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68
Телефон: +7 (843) 231-43-22
Адрес электронной почты: RusanovaSN@corp.knrtu.ru, s-n-r_2004@mail.ru

Вход. № 05-9202
«23» 10 2026 г.
подпись

Подпись Русановой С.Н.
удостоверяю.
Начальник отдела
кадрового делопроизводства
ФГБОУ ВО «КНИТУ»
И.А. Храмова
10 2026 г.