

## ОТЗЫВ

официального оппонента Михайлова Бориса Петровича  
на диссертацию **Забродиной Натальи Александровны**  
на тему "Разработка и исследование полимерного композиционного материала  
с заданными фрикционными свойствами"  
по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы  
на соискание учёной степени кандидата технических наук.

**Актуальность темы диссертации.** В настоящее время проблема разработки новых композиционных полимерных материалов с заданным комплексом свойств для их применения в современной машиностроительной отрасли несомненно актуальна.

Именно разработка новых полимерных материалов позволит повысить конкурентную способность изделий, повысить их надежность, коррозионную стойкость и многократно снизить цену. Разработка полимерного материала на основе термореактивной смолы с коэффициентом трения в сопрягаемых деталях в пределах 0,3-0,4 безусловно является определенным достижением и с этой точки зрения диссертационную работу Забродиной Н.А. следует считать актуальной. Особенно это важно в условиях санкций, налагаемых на нашу страну.

Важной задачей являлась разработка методики оперативного контроля твердости, проверка соответствия коэффициента трения получаемого материала установленным требованиям.

**Структура и объем работы.** Текст диссертации состоит из введения, четырех глав, выводов к главам и общих выводов, списка цитируемой литературы, включающего 131 наименование, и трех приложений. Работа изложена на 130 страницах, включая 39 рисунков и 51 таблицу.

**Содержание диссертации.** Во введении обоснована актуальность исследований, определены цель и задачи исследования, указаны научная новизна, практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, приведена структура диссертации.

В первой главе диссертационной работы автором рассмотрены вопросы потребности современной промышленности в прогрессивных материалах, предусматривающих разработку новых, в том числе полимерных композиционных материалов с заранее заданным комплексом технологических и эксплуатационных свойств, уровень и сочетание которых обуславливают функциональное назначение готовых изделий с учетом условий их эксплуатации.

Дается обзор многообразия матриц и наполнителей композиционных материалов, преимуществ композитов перед традиционными материалами. Особое внимание уделяется фрикционным материалам, их особенностям и применению. В результате анализа литературы показана перспективность создания композиционных материалов с заданными физико-механическими свойствами на основе термореактивной смолы и волокнистого наполнителя. Анализ рассмотренного материала позволил автору сформулировать цель и задачи исследования.

**Вторая глава** посвящена методике проведения исследований, анализу исходных компонентов и их соотношения, взаимного влияния матриц и наполнителей в составе. Проведен анализ характеристик, полученных образцов композиционных материалов и аналогов.

**Третья глава** посвящена моделированию зависимости анализируемых характеристик от влияющих факторов по полученным экспериментальным данным многофакторного эксперимента. Получены математические модели взаимосвязи эксплуатационных показателей и технологических факторов влияния. Построен график взаимосвязи твердости и коэффициента трения. Проведена проверка модели на воспроизводимость и адекватность. Осуществлена дополнительная экспериментальная проверка математической модели и границ регулирования твердости разработанного композита.

**В четвертой главе** приведены результаты соотнесения экспериментальных и теоретических данных твердости, с учетом изменения с течением времени и определена поправка на предельное значение твердости для условий оперативного контроля. Разработана и создана экспериментальная установка (патент №100830) позволяющая оперативно анализировать значения коэффициента трения для различных материалов.

Диссертацию завершает заключение, основные выводы и результаты проделанной работы.

**Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** В работе получен ряд новых научных результатов.

1. Разработан новый композиционный материал, состоящий из полимерной смолы, волокнистого хризотилового наполнителя и добавок стеарата цинка, каолина и графита, при этом проведена оптимизация их содержания в композите и реализованы основные заданные функциональные параметры (коэффициент трения, твердость и др.).

2. Изучено изменение реологических свойств полимерной смолы в процессе ее хранения и при нагреве, установлена необходимая оптимальная вязкость смолы для получения однородного высокоплотного композиционного материала.

3. Установлены основные технологические факторы и пределы режимов, необходимых для достижения заданных свойств полимерного материала: вязкости смолы, температуры, времени выдержки в пресс-форме и продолжительности стабилизации свойств после прессования.

4. Создана математическая модель, позволяющая рассчитывать твердость и коэффициент трения материала, в том числе устанавливая их взаимосвязь.

**Достоверность** полученных в работе результатов связана с использованием современного измерительного оборудования, подтверждается корректным использованием теоретических методов обоснования полученных результатов, обеспечивается большим количеством экспериментальных данных, применением современных средств и методик проведения исследования, воспроизводимостью и адекватностью результатов, подтверждаемых статистической обработкой.

Положения, выносимые на защиту, основные результаты и выводы по диссертации **обоснованы**. Задачи, поставленные в работе, выполнены.

Материалы диссертации прошли **апробацию** на научных конференциях различного уровня и опубликованы в рецензируемых российских научных журналах. Результаты исследований представлены в 16 печатных работах в журналах и сборниках, в том числе в четырех статьях в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ. Полученные разработки защищены двумя патентами Российской Федерации и внедрены на предприятии ООО «Наномет» в г. Йошкар-Ола. Результаты работы удостоены золотой медали XVI Московского международного Салона изобретений и инновационных технологий «Архимед».

**Практическая значимость работы** заключается в:

Автором получен новый композиционный полимерного материала, на основе фенолформальдегидной смолы и волокнистого наполнителя, с заданными физико-механическими свойствами (Патент № 2451702);

Разработана и создана установка для измерения коэффициента трения различных материалов (Патент № 100830);

Разработана методика экспериментального исследования и получения аналитических зависимостей характеристик изделий из порошкового композиционного материала от влияющих факторов.

Привлекательной стороной работы следует считать разработку, создание и использование экспериментальной аппаратуры и методик для измерения коэффициента трения и твердости разрабатываемых композитов. Это позволяет диссертанту устанавливать корреляцию условий синтеза с составом, структурой и свойствами исследуемых композиционных материалов.

Однако по работе имеются следующие замечания:

1. В автореферате на стр.6 не представлены данные по количественному содержанию в композите каолина и графита.
2. На стр.45 диссертации на рис.2.6 приведены зависимости вязкости смолы для различных партий, однако при этом не ясно, чем отличаются указанные партии смол по составу.
3. На рис.2.11 диссертации представлена микроструктура композиционных материалов различного состава при одинаковом увеличении, при этом неизвестен состав приведенных композитов и трудно проводить сравнительный анализ по количеству пор, выделений, их размеров и морфологии.
4. На рис.2.14 диссертации приведена зависимость коэффициента трения от твердости композита и при этом не указан состав исследуемого материала.
5. На целом ряде стр. диссертации использованы формулы для расчета силы трения, вязкости смолы, изгибающих напряжений и других характеристик разрабатываемых композитов, однако, при этом не всегда указаны литературные источники.

В целом указанные замечания с учетом высокой практической полезности не влияют на общую высокую оценку представленной диссертационной работы.

### **Заключение**

На основании изложенного можно считать, что диссертационная работа Забродиной Натальи Александровны является законченной научно-исследовательской работой, связанной с разработкой новых полимерных композиционных материалов с заданными функциональными свойствами. В работе изложены научно обоснованные технические и технологические решения по совершенствованию состава, технологии изготовления и анализа свойств композиционных материалов на основе полимерной смолы и волокнистого наполнителя, имеющие существенное значение для развития страны. Актуальность, научная новизна, оригинальность, достоверность и главное практическое значение полученного материала и научных положений не вызывают сомнений.

Публикации соискателя отражают основные идеи и выводы диссертации, материал диссертации многократно обсужден и апробирован на многочисленных научных конференциях. На основе результатов исследований разработана методика контроля твердости полимерных композиционных материалов и получен акт ее апробации на ООО «Наномет». Язык и стиль интерпретации полученных результатов четкий и понятный. Текст автореферата соответствует содержанию диссертации.

В целом диссертационная работа "Разработка и исследование полимерного композиционного материала с заданными фрикционными свойствами" соответствует требованиям п.9 "Положения о присуждении учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор - **Забродина Наталья Александровна** заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы.

**Официальный оппонент:**

Ведущий научный сотрудник лаборатории физикохимии  
тугоплавких и редких металлов и сплавов  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова  
Российской академии наук, доктор технических наук, чл.-кор. АЭН РФ

Михайлов Борис Петрович

Дата 31.08.2018

печать организации

Почтовый адрес: 119334, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 49.  
телефон: +7 (499) 135-96-14  
8-916-612-26-71  
эл.адрес: [borismix@vandex.ru](mailto:borismix@vandex.ru)

Подпись Б.П. Михайлова удостоверяю

Ученый секретарь к.т.н.  
Фомина Ольга Николаевна



Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова  
Российской академии наук