

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Башлаковой Анны Леонидовны
«Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена для изделий
машиностроительного назначения с оптимальным содержанием
модифицированных в плазме углеродных волокон»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертация Башлаковой А. Л. посвящена разработке композиционных материалов машиностроительного и общетехнического назначения с оптимальным комплексом эксплуатационных свойств на основе ПТФЭ, наполненного углеродными волокнами, модифицированными в плазме тлеющего разряда. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.16.09 – *Материаловедение (машиностроение)* (п. 1. Закономерности формирования структуры материалов с заданным комплексом эксплуатационных характеристик в зависимости от их состава, а также при различных воздействиях; п. 4. Разработка физико-химических и физико-механических основ процессов формирования новых материалов с уникальными комплексами свойств; п. 6. Современные методы исследования макро-, микро- и субмикроструктуры материалов, заготовок и деталей; методы испытания эксплуатационных свойств материалов на образцах и изделиях). В соответствии с паспортом указанной специальности диссертация соответствует *отрасли технических наук*.

Актуальность темы диссертации

На современном этапе развития материаловедения актуально решение проблемы расширения ассортимента триботехнических материалов за счет снижения количества наполнителя до функционального оптимума, что позволяет снизить стоимость композита при одновременном улучшении (или по крайней мере – не ухудшении) его эксплуатационных характеристик. Так, в ряде узлов трения без смазки требуется не столько устойчивость к нагрузкам, сколько упругость и эластичность, что обычно не свойственно высоконаполненным композитам. Например, в случае применения добавок, подвергнутых целевому модифицированию, малое наполнение может оказаться даже значительно более эффективным, чем высокое, за счет интенсификации взаимодействий в системе полимер – наполнитель. Актуальность работы состоит в разработке рецептурно-технологических подходов к формированию фторполимерных композитов, в которых именно малое наполнение ведет к более выраженным эффектам. Актуальность тематики диссертации подтверждена также соответствием перечню приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной

деятельности на 2021–2025 годы (Указ Президента Республики Беларусь 07.05.2020 № 156) в области машиностроительных технологий, приборостроения и инновационных материалов.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Автором установлены закономерности влияния углеродных волокон (УВ), модифицированных в плазме тлеющего разряда в среде фторорганических соединений, на структуру ПТФЭ-матрицы. На мой взгляд, к числу наиболее важных научных результатов, характеризующихся новизной, можно отнести следующие:

1. Научное обоснование выбора углеволокнистого наполнителя на основе гидратцеллюлозы (ГЦ) в сравнении с углеволокнистым наполнителем на основе полиакрилонитрила (ПАН) по критериям наименьшего коэффициента трения (в 1,5 раза ниже), низкой интенсивности изнашивания (в 54 раза ниже) и более высокого значения предельного PV-фактора (в 5,2 раза выше).

2. Экспериментальное обоснование структурирующего эффекта углеродных волокон из ГЦ, модифицированных в низкотемпературной плазме тлеющего разряда в среде фторорганических соединений, состоящего в повышении степени кристалличности матрицы ПТФЭ на 10–15 % при содержании УВ до 5 масс. % за счет стимулирования кристаллизации активными центрами на поверхности волокон, что позволило оптимизировать содержание наполнителя как фактора упорядоченности матрицы.

3. Экспериментальное обоснование изменения показателей коэффициента теплопроводности (увеличение в 1,6 раз), диэлектрической проницаемости (увеличение в 3,7 раза) и интенсивности изнашивания (в 54 раза ниже), состоящее в возникновении точки перегиба при концентрации 5 масс. % УВ в результате образования цепей из УВ, которые становятся проводниками тепловой и электрической энергии, что позволяет обосновать минимальную концентрацию модифицированных УВ в композите.

Обоснованность и достоверность основных результатов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Сформулированные в диссертационной работе научные выводы и практические рекомендации подтверждаются комплексным применением современных методов исследования структуры, физико-механических, электрических и трибологических свойств, также разработанных методов исследования и новых композиционных материалов.

Эффективность разработанных материалов подтверждена их успешной апробацией в качестве уплотнений для шаровых клапанов и в качестве уплотнений для углового питательного элемента. Разработанный материал рекомендован для использования в узлах трения и деталях, где требуется высокая эластичность и износостойкость. Все это свидетельствует об обоснованности и достоверности предложенной в работе концепции создания композиционных материалов на основе ПЭТФ, содержащих УВ наполнитель.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость результатов диссертационной работы Башлаковой А. Л. заключается в установлении закономерностей влияния УВ, модифицированных в плазме тлеющего разряда в среде фторорганических соединений, на структуру ПТФЭ-матрицы. *Практическая значимость* работы, состоит в использовании установленных закономерностей для разработки высокоэффективных триботехнических материалов и их применении на таких предприятиях Беларуси как БГПЗ РУП ПО «Белоруснефть» в качестве уплотнений для шаровых клапанов и на ООО «Белань Плюс» – в качестве уплотнений для углового питательного элемента. Практическая значимость подтверждена актами внедрения результатов работы.

Экономическая и социальная значимость заключается в разработке на уровне изобретений новых материалов и методов исследований, закрепляющих приоритет белорусских ученых в изучении новых композиционных материалов и их эффективном использовании в машиностроительной отрасли Республики Беларусь.

Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертационной работы Башлаковой А. Л. опубликованы в 17 научных работах, из них: 8 статей в научных рецензируемых изданиях, соответствующих п.19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь; 1 статья в сборнике статей конференций; 6 тезисов докладов конференций; 1 патент на изобретение РБ; 1 патент РБ на полезную модель. По степени опубликованности результатов диссертация отвечает требованиям ВАК.

Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертация Башлаковой А. Л. является законченной научно-исследовательской работой, которая выполнена автором самостоятельно, а по объему и содержанию соответствует требованиям п. п. 20, 24, 26 Положения о

присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь. Диссертационная работа состоит из общей характеристики работы, введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Содержание работы изложено на 145 страницах, из которых 58 рисунков и 14 таблиц занимают 31 страницу, 13 страниц – библиографический список из 123 наименований и 17 авторских работ, 8 приложений на 15 страницах. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, материал диссертации изложен логично, без существенных погрешностей, затрудняющих чтение рукописи. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертации и автореферату

При рассмотрении диссертации и автореферата не выявлено принципиальных недостатков, которые могли бы вызвать сомнение в достоверности научных выводов и положений, вынесенных на защиту. Тем не менее имеется ряд замечаний и вопросов.

1) С. 5. Перечень сокращений расположен не по алфавиту. Латинские буквы напечатаны прямым шрифтом, надо курсивом (это же по тексту диссертации на многих страницах и рисунках).

2) Следующие ссылки не совпадают по смыслу с источником в списке литературы:

- [49] на с. 25, надо [45],
- [5] на с. 99, больше подходит [32],
- [93] на с. 101, больше подходит [84]

3) Параграф 2.3.5 следовало бы назвать «Определение показателей физических и физико-механических свойств материалов», поскольку туда входят прочность, модуль упругости и твердость материалов.

4) Не понятно, чем объясняется максимум температуры в зоне трения на кривой 3 (рис. 3.3, б), хотя коэффициент трения для всех указанных композитов изменяется от нагрузки одинаково (рис. 3.3, а).

5) Коэффициент трения обозначен разными буквами, например f на рис. 3.3, α и μ на рисунках 3.4, а и 5.7.

6) С. 68: «... с увеличением содержания УВ коэффициент трения снижается в 1,5 раза». При этом дается ссылка на рисунки 3.5 и 3.6, на которых показаны зависимости силы трения скольжения от пути трения для композитов, содержащих 15 и 30 масс. % УВ. Во-первых, из рисунков не видно, что сила трения меняется от пути трения. Во-вторых, эти результаты не имеют никакого отношения к малонаполненным композитам.

7) С. 75, рис. 4.4: вместо DSC надо ДСК.

8) С. 76, рис. 4.5: в подрисуночной подписи обозначения кривых 1 и 2 перепутаны, надо 1 – модуль сдвига, 2 – тангенс угла механических потерь.

9) С. 80, рис. 4.10: не понятно, почему появляется минимум коэффициента теплопроводности при концентрации УВ 3 масс. %. Для других показателей свойств критическими точками являются 1 и 5 масс. %. Например, на рис. 5.5 максимум коэффициента линейного расширения, измеренного вдоль направления прессования, приходится на концентрацию УВ 5–6 масс. %.

10) С. 92, рис. 5.7: точка 1 – это что? Видимо, должна быть кривая зависимости коэффициента трения от давления в зоне трения для чистого ПТФЭ.

11) С. 93. «Нагрузочная способность растет с увеличением содержания УВ, так как волокна армируют матрицу (таблица 5.3)». Но в таблице при содержании УВ 10 масс. % фактор PV снижается. Чем объяснить?

12) С. 94, рис. 5.9. В электропроводящих волокнах диполи не могут образовываться, они могут лишь служить проводниками тока, да и то в случае, если превышен порог перколяции. В малонаполненных композитах это не происходит.

13) С. 95, 2-й абзац: понятие электрической проницаемости не существует; есть термин «диэлектрическая проницаемость». То же на с. 97 (1-й абзац).

14) С. 96, ссылка на рис. 4.12, а его в 4 главе нет, она кончается рисунком 4.11.

15) С. 100, нижний абзац, ссылка на таблицу 15.5. Такой таблицы нет, видимо, опечатка.

16) С. 102, верхний абзац: ссылка на таблицу 1.3, надо на таблицу 1.2.

Однако указанные недостатки не ставят под сомнение научную и практическую значимость диссертационной работы Башлаковой А. Л.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Изложенный в диссертации материал, а также опубликованные печатные работы свидетельствуют о способности соискателя к творческой научно-исследовательской работе – от постановки задач до практического использования полученных результатов, что в итоге позволило ей внести существенный вклад в развитие одного из актуальных направлений научных исследований в области **материаловедения (машиностроение)** – установление закономерностей влияния углеродных волокон, модифицированных в плазме тлеющего разряда в среде фторорганических соединений, на структуру ПТФЭ-матрицы и разработку на этой основе новых антифрикционных и герметизирующих материалов.

Это дает основание считать, что научная квалификация соискателя в полной мере соответствует ученой степени кандидата технических наук по специальности «Материаловедения (машиностроение)».

Предлагаю присудить Башлаковой А. Л. ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.16.09 «Материаловедение (машиностроение)» за новые научно обоснованные результаты по установлению закономерностей влияния углеродных волокон, модифицированных в плазме тлеющего разряда в среде фторорганических соединений, на структуру ПТФЭ-матрицы, включающие:

1) Научное обоснование выбора УВ-наполнителя на основе гидратцеллюлозы в сравнении с УВ-наполнителем на основе полиакрилонитрила по критериям наименьшего коэффициента трения (в 1,5 раза ниже), низкой интенсивности изнашивания (в 54 раза ниже) и более высокого значения предельного PV-фактора (в 5,2 раза выше),

2) Экспериментальное обоснование структурирующего эффекта УВ из гидратцеллюлозы, модифицированных в низкотемпературной плазме тлеющего разряда в среде фторорганических соединений, состоящего в повышении степени кристалличности матрицы ПТФЭ на 10–15 % при содержании УВ до 5 масс. % за счет стимулирования кристаллизации активными центрами на поверхности волокон, что позволило оптимизировать содержание наполнителя как фактора упорядоченности матрицы,

3) Экспериментальное обоснование изменения показателей коэффициента теплопроводности (увеличение в 1,6 раз), диэлектрической проницаемости (увеличение в 3,7 раза) и интенсивности изнашивания (в 54 раза ниже), состоящее в возникновении точки перегиба при концентрации 5 масс. % УВ в результате образования цепей из УВ, которые становятся проводниками тепловой и электрической энергии, что позволяет обосновать минимальную концентрацию модифицированных УВ в композите,

что в совокупности позволило соискателю:

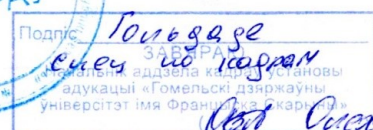
– разработать новые композиционные материалы на основе ПТФЭ, содержащие модифицированные в низкотемпературной плазме УВ, в которых достигнуто сочетание упруго-прочностных, вязкоэластических и триботехнических характеристик, оптимальное для уплотнительных элементов машин, работающих в условиях высокой подвижности, таких как уплотнительные кольца автомобильных амортизаторов, уплотнения шаровых кранов, сферические опорные части скольжения мостов, подвижные уплотнения промывочных барабанов,

– провести опытно-промышленную апробацию антифрикционного материала «Эластофлувис» (ТУ ВУ 400084698.324-2023) на БГПЗ РУП ПО

«Белоруснефть» в качестве уплотнений для шаровых клапанов и на ООО «Белань Плюс» – в качестве уплотнений для углового питательного элемента.

Профессор кафедры радиофизики и электроники
УО «Гомельский государственный университет
имени Ф. Скорины», д.т.н., профессор

В.А. Гольдаде



В.А. Гольдаде
14.08.2016