

В диссертационный совет 44.2.005.01,
ФГБОУ ВО «Ростовский
государственный университет путей
сообщения» (РГУПС)
г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского
Стрелкового Полка Народного
Ополчения, д. 2

ОТЗЫВ

на автореферат по диссертации Шкалея Ивана Владимировича
«Трибологические и механические свойства модифицированных
вязкоупругих полимерных материалов с микро- и наноразмерными
поверхностными слоями», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
2.5.3 – «Трение и износ в машинах»

Диссертационное исследование И.В. Шкалея посвящено решению актуальной научно-технической задачи, связанной с анализом трибологических и механических характеристик поверхностно-модифицированных вязкоупругих полимеров с микро- и наноразмерными слоями. В качестве основных объектов исследования автор использует слоистые композиты на основе морозостойких резин с тонкими антифрикционными покрытиями из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), а также полиуретаны с объемной и поверхностной ионно-плазменной модификацией.

Высокая актуальность работы И.В. Шкалея напрямую связана с государственными задачами по освоению северных и арктических регионов Российской Федерации, ведь эксплуатация современной техники в этих регионах сопряжена с экстремальными температурными воздействиями. Известно, что длительное воздействие сильных отрицательных температур кратно снижает общую производительность машин. При этом критическая доля внезапных отказов обусловлена разгерметизацией уплотнительных узлов трения, традиционно изготавливаемых из высокоэластичных эластомеров. Нанесение тонких износостойких покрытий из СВМПЭ на податливую резиновую подложку позволяет эффективно сочетать высокие демпфирующие свойства основы с низким коэффициентом трения и стойкостью к абразивному оттеснению на макроуровне.

Научная новизна диссертационной работы носит комплексный характер и подтверждается фундаментально обоснованными результатами, полученными лично автором. Особо стоит отметить глубину теоретического анализа, в рамках которого вязкоупругие свойства подложки описываются с использованием интегральных операторов Вольтерра, а тепловая задача трения корректно решается методом граничных элементов с привлечением алгоритмов быстрого преобразования Фурье.

Практическая ценность результатов исследования заключается в возможности их непосредственного внедрения в реальный сектор машиностроения и в медицинскую промышленность. Использование предложенного композита «резина — СВМПЭ» вместо традиционных резин в конструкциях подвижных уплотнений позволяет снизить коэффициент трения в среднем в 2 раза, существенно уменьшая общие механические потери. Автор предложил готовую инженерную методику оптимизации толщины антифрикционного покрытия для конкретных условий нагружения с целью предотвращения макропластического оттеснения полимера. Результаты исследования температурной чувствительности наполненных полиуретанов чрезвычайно важны для повышения точности расчетов долговечности эндопротезов в организме человека при изменении локальной температуры в диапазоне 24–45°C, характерном для биомедицинских применений.

Несмотря на общую положительную оценку и фундаментальность диссертационного исследования, по тексту автореферата необходимо высказать несколько замечаний:

1. Автор указывает, что введение наполнителей (фуллеренов и углеродных нанотрубок) в полиуретан приводит к появлению заметной зависимости механических свойств от температуры в диапазоне 24–45°C, тогда как у немодифицированного полимера такой эффект отсутствует. К сожалению, в автореферате не приводится подробное физическое объяснение природы этого явления на надмолекулярном уровне строения полимерной матрицы.

2. В ходе трибологических испытаний по схеме «шар — диск» автором не производилась количественная оценка износа (линейного или массового), контролировалось лишь отсутствие макродеформаций и трещин. Введение количественных параметров износа сделало бы картину более полной.

3. При определении вязкоупругих параметров модифицированных полиуретанов (длительного модуля упругости, времен релаксации и ползучести) автор использует расчетно-экспериментальную методику, основанную только на обработке кривых нагружения. В традиционной практике инструментального индентирования вязкоупругих материалов

критически важную информацию о процессах ползучести и упругого восстановления несут также стадии выдержки под максимальной нагрузкой и разгрузки. Исключение этапа разгрузки из процедуры решения обратной задачи оставляет открытым вопрос о степени однозначности разделения мгновенного упругого и избыточного вязкоупругого откликов полимерной матрицы.

4. В третьей главе работы метод индентирования применяется для оценки механических свойств полиуретанов с поверхностным карбонизированным нанослоем толщиной всего 80 нм. При этом, судя по приведенным экспериментальным диаграммам (рисунки 8 и 9), максимальная глубина внедрения сферического наконечника составляет от 40 до 70 мкм, что на два-три порядка превышает толщину самого измененного слоя. При столь значительных глубинах вдавливания вклад наноразмерного поверхностного слоя в интегральное усилие сопротивления материала становится исчезающе малым на фоне объемных свойств податливой полиуретановой подложки, что несколько ограничивает чувствительность метода при оценке влияния различных доз облучения (флюенса) непосредственно на свойства самой поверхности.


Сформулированные замечания носят преимущественно дискуссионный характер, направлены на дальнейшее развитие предложенных подходов и ни в коей мере не снижают общую высокую оценку диссертационной работы. Автореферат составлен грамотно и имеет логичную структуру. Основные результаты исследования опубликованы в 9 печатных работах. В целом, диссертационная работа И.В. Шкалея полностью удовлетворяет критериям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Шкалей Иван Владимирович, безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

Кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников, заместитель директора по научной работе, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина Российской академии наук»

«19» март 2026 г.

Усеинов Алексей Серверович

Я, Усеинов Алексей Серверович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Усеинов Алексей Серверович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт физики высоких давлений им. Л.Ф.Верецагина
Российской академии наук»

108840, Москва, Троицк, Калужское ш., д.14

тел: +7(495)851-0010

моб: +7(916)735-9833

e-mail: useinov@hppi.troitsk.ru

Подпись Усеинова А.С. заверяю:

Ученый секретарь ИФВД РАН, к.ф.-м.н.



/ Анкудинов Владимир Евгеньевич