

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
Д 218.010.02 на базе Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Ростовский  
государственного университета путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР)  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 19.12.2016 г., № 5

О присуждении Камалетдиновой Регине Рамилевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности применения керметов на основе карбида титана в запорной арматуре» по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах» принята к защите 17.10.2016 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 218.010.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР, 344038 г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2. Приказ Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 г.).

Соискатель Камалетдинова Регина Рамилевна, 1990 года рождения, в 2012 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный авиационный технический университет». В 2015 г. окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» (ФГБОУ ВПО УГАТУ). В настоящее время не работает.

Диссертация выполнена на кафедре «Основы конструирования механизмов и машин» в ФГБОУ ВО УГАТУ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Шустер Лева Шмульевич, профессор кафедры «Основы конструирования механизмов и машин» ФГБОУ ВО УГАТУ.

Официальные оппоненты: - Куксенова Лидия Ивановна – доктор технических наук, профессор, заведующая лабораторий методов и технологий упрочнения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук»;

- Шульга Геннадий Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры автомобилей и транспортно-технологические комплексы Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова» – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук» (ФГБУН «ИПМех им. А.Ю. Ишлинского РАН»), в своем положительном заключении, подписанном ведущим научным сотрудником лаборатории трибологии, доктором физико-математических наук Солдатенковым Иваном Алексеевичем и утвержденном заместителем директора ФГБУН «ИПМех им. А.Ю. Ишлинского РАН» по научной работе, доктором физико-математических наук, профессором Манжировым Александром Владимировичем, отметила, что диссертация Камалетдиновой Регины Рамилевны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена задача разработки модели трибосистемы «шар-седло», позволяющей эффективно сочетать прочностные и трибологические характеристики керметов на основе карбида титана, выполнены экспериментальные исследования процессов адгезионного взаимодействия при трении (с учетом температуры, давления и износостойких покрытий), изнашивания различных

пар трения; а также электронная микроскопия с микрохиманализом изношенных поверхностей, установлена зависимость (в виде степенной функции) износа трибосопряжения от характеристик адгезионного взаимодействия; обоснован механизм формирования износа трибосопряжений, что имеет значение для дальнейшего развития трибологии как науки и инженерных расчетов. На основании вышеизложенного Камалетдинова Регина Рамилевна заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 «Трение и износ в машинах».

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 17 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 11 работ. В работах отражены основные результаты исследования триботехнических характеристик керметов на основе карбида титана с учетом влияния температуры, давления, нефтяной среды и износостойких покрытий. Основные работы:

1. Камалетдинова, Р.Р. Триботехнические характеристики керметов на основе карбида титана в экстремальных условиях нагружения / Р.Р. Камалетдинова, Руст.Ф. Мамлеев, Раф.Ф. Мамлеев, С.В.Чертовских, Л.Ш. Шустер // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2014. – № 1. – С. 31–33.

2. Камалетдинова, Р.Р. Износ трибосопряжений из керамико-металлического материала на основе карбида титана / Р. Р. Камалетдинова, Л. Ш. Шустер, Руст.Ф. Мамлеев, С. В. Чертовских, Р. М. Киреев // Трение и износ. – 2016. – Т. 37. № 2 – С. 214–218.

3. Камалетдинова Р.Р. Триботехнические характеристики керметов на основе карбида титана для изготовления деталей запорной арматуры / Р.Р. Камалетдинова, Руст.Ф. Мамлеев, Раф.Ф. Мамлеев, Л.Ш. Шустер // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2016. – № 3 – С. 30–35.

4. Камалетдинова Р.Р. Влияние свойств материала деталей трибосопряжений на их изнашивание / Р.Р. Камалетдинова, Л.Ш. Шустер // Вестник машиностроения. – 2016. – № 7 – С. 50–52.

#### **На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

**Ведущей организации** – ФГБУН «ИПМех им. А.Ю. Ишлинского РАН». Отзыв подписал вед. научный сотрудник лаборатории трибологии ФГБУН ИПМех им. А.Ю. Ишлинского РАН д.ф.-м.н., Солдатенков И.А., утвердил зам. директора ФГБУН ИПМех им. А.Ю. Ишлинского РАН д.ф.-м.н, профессор Манжиров А.В. Отзыв положительный. Замечания: **1.** Как можно понять из содержания главы 1, исследуемые материалы работают в запорной арматуре в условиях конформного контакта. В связи с этим представляется не совсем удачным выбор схемы шарик-диск трибоиспытаний (трибометр NANOVEA TRB), при которой реализуется точечный контакт. По всей видимости, автору диссертации следовало бы использовать схему вкладыш-ролик, при том, что существуют стандартные установки (например, машина трения СМЦ-2, трибометр Т-05), реализующие такую схему с возможностью использования смазки. **2.** Представляется спорным вывод 5 по главе 3 (с. 114): «Установлено, что сырая нефть из-за наличия в ней абразивных включений, грязи, воды и прочее не может быть смазочным материалом при трении, поэтому результаты по адгезионному взаимодействию и износу, полученные в условиях сухого трения, вполне применимы для трения в среде сырой нефти». Первая часть вывода не вызывает возражений – действительно, нефть с такими включениями вряд ли может быть смазкой. Однако весьма сомнительной представляется вторая часть вывода, утверждающая, что «результаты по адгезионному взаимодействию и износу, полученные в условиях сухого трения, вполне применимы для трения в среде сырой нефти». Другими словами, утверждается, что присутствие загрязненной нефти (в том числе, абразивом) не изменяет адгезию и износ по сравнению с сухим трением. Подобное утверждение требует экспериментальной проверки. **3.** Имеется ряд замечаний

редакционного характера. 3.1. Неясно, что обозначает величина  $\tau_{nn}$ , например, на рис. 3.8, 3.9, в табл. 3.4? 3.2. В последней строке на с. 75 символ  $p_t$  следует заменить на  $\beta$ .

**Отзыв официального оппонента** – д.т.н., профессора Л.И. Куксеновой (ФГБУН «ИМАШ им. А.А. Благонравова РАН»). Отзыв положительный. Замечания: **1.** В третьей главе приведены величины микротвердости исследуемых материалов  $HV_{0,1}$  и  $HV_{0,2}$ , т.е. оценка величины микротвердости проводилась при двух нагрузках. Следовательно, глубина проникновения индентора в поверхностный слой разная. Полученные характеристики механических свойств на двух глубинах индентирования существенно отличаются. Это говорит о том, что конструкционный материал обладает градиентом механических свойств по нормали к поверхности, и он положительный. Эта закономерность сохраняется и для случая нанесения на поверхность износостойких покрытий. К сожалению, автор не отмечает этот важный экспериментальный факт, который является весьма существенным при обсуждении достигаемых триботехнических параметров. **2.** Задача о свойствах так называемого «третьего» тела в зоне контактного взаимодействия, а именно пластичности и энергии активации вязкого течения, в работе не ставилась и, соответственно, не решалась, ни в теоретическом, ни в экспериментальном плане. Поэтому положения относительно роли третьего тела, которые другими научными школами достаточно широко теоретически и экспериментально исследовались, использовать как вывод и результат данной конкретной работы, не следует. **3.** В работе предельно мало уделено внимания величине и роли деформационной составляющей коэффициента трения; основная часть работы посвящена экспериментальной оценке величины адгезионной составляющей коэффициента трения. В реальных же условиях коэффициент трения имеет две составляющие: деформационную и молекулярную. **4.** Недостаточна глубина анализа экспериментальных результатов металлофизического исследования. Имея в распоряжении современный инструментарий – световую и электронную микроскопию, элементный микроанализ, автор только констатирует образование на поверхности трения оксидов, называя их вторичными структурами. При этом не затрагиваются основные физико-химические процессы в зоне контактного взаимодействия, описание которых позволило бы автору составить более целостную и глубокую картину о причинах изменения уровня поверхностного разрушения исследуемых материалов.

**Отзыв официального оппонента** – д.т.н., профессора Г.И. Шульги (ФГБОУ ВО ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова). Отзыв положительный. Замечания: **1.** При исследовании структуры керметов TiC-ВЖЛ14Н, TiC-ЖС6У обнаружены поры. Однако диссертантом не объясняются причины их появления и не приведены их размеры. **2.** Предложено для устранения пор и повышения износостойкости керметов наносить в ионно-плазменной вакуумной камерной установке ННВ-6,6-И1 на керметы антиадгезионные покрытия на основе TiCrN, TiN, Zr-Ti-N-C. Однако, поверхности покрытий на предмет наличия в них пор автором не исследовались. Не исследовались также адгезия данных покрытий к керметам. При наличии пор на поверхности покрытий и воздействия коррозионно-агрессивных сред могут изменяться поверхностные свойства керметов с покрытиями и их антифрикционные противоизносные свойства. **3.** Вывод 5 по главе 3 о том, что «сырая нефть из-за наличия в ней абразивных включений, грязи, воды и прочее не может быть смазочным материалом при трении» не корректен. Сырая нефть обладает смазочными свойствами, так как содержит углеводородные структурные единицы – мицеллы, обеспечивающие ей смазочное действие. Испытания проводились при нанесении пленки сырой нефти на испытываемые поверхности шара и седла запорного узла. В реальной ситуации поверхности шара и седла работают в объеме сырой нефти. Автором не проводились испытания сырой нефти на четырехшариковой машине трения на предмет оп-

ределения критической нагрузки заедания  $P_{кр}$  при повышении осевых нагрузок. **4.** Результаты испытаний на изнашивание на трибометре NANOVEA TRB прямых и обратных пар без покрытий и с покрытиями с металлической или керамико-металлической подложками в трибосопряжении «шар-плоскость» при осевой нагрузке  $2H$ , существенно отличаются от действительных осевых нагрузок в реальных трибосопряжениях.

В работе использованы термины и обозначения размерностей, не соответствующих современному ГОСТ 8.417-2002: на стр. 51, 68 использован термин «скорость» вращения, об/мин, следовало применять термин «частота» вращения,  $\text{мин}^{-1}$ .

На автореферат диссертации поступило **10** отзывов. Все отзывы положительные.

**1. Отзыв** главного научного сотрудника ФГБУН «Института машиноведения им. Благонравова» РАН, д.т.н. **Буяновского И.А.** Замечаний нет.

**2. Отзыв** д.т.н., проф. кафедры «Управление качеством, стандартизация и метрология» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» **Горленко О.А.** Замечание: Не приведены результаты статистического анализа значимости и адекватности уравнения (3), стр.17.

**3. Отзыв** д.т.н., проф. кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» **Копченкова В.Г.** Замечание: Нет объяснения физической сути триботехнических характеристик  $\tau_0$  и  $\beta$ , не приводится так же объяснение их температурной зависимости.

**4. Отзыв** генерального директора Технопарка «ХТЦ-УАИ» (Хозрасчетный творческий центр Уфимского авиационного института), д.т.н. **Шолома В. Ю.** Замечание: Установленное в работе незначительное влияние сырой нефти на триботехнические характеристики керметов требует более детального изучения.

**5. Отзыв** главного научного сотрудника лаборатории узлов трения для экстремальных условий ФГБУН «Института машиноведения им. Благонравова» РАН, д.т.н. проф. **Столяров В.В.** Замечание: Недостаточное внимание к изучению деформационной составляющей коэффициента трения.

**6. Отзыв** зав. каф. «Автомобильный транспорт», декана автотракторного факультета ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), д.т.н., проф. **Рождественского Ю.В.** и проф. каф. «Автомобильный транспорт», д.т.н., доц. **Задорожная Е.А.** Замечания: **1.** Нет ссылок на зарубежные исследования в этой области; **2.** Из автореферата не ясно, почему исследования узлов трения с покрытием и без покрытия проводились при разных диапазонах температур; **3.** Нет сведений о влиянии толщины покрытия на триботехнические характеристики.

**7. Отзыв** д.т.н., доц. каф. «Технология автоматизации и машиностроения» ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» **Сутягина О.В.** Замечание: Отсутствие исследований по влиянию шероховатости и технологии механической обработки контактирующих поверхностей на эффективность работы исследуемых трибосопряжений; при рассмотрении узлов запорной арматуры автор ограничилась только шаровыми кранами.

**8. Отзыв** д.т.н., проф. каф. «Технология судового машиностроения», факультет корабельной энергетики и автоматики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», **Чулкина С.Г.** Замечания: **1.** Автор пишет, что целью работы является «повышение *эффективности* работы запорной арматуры», однако в задачах работы (п. 5) и в научной новизне (п. 3) отмечает, что он занимается повышением «*надежности* работы шаровых кранов», а в выводах (п.9) указывает, что повышено «качество работы шаровых кранов». Конечно, выделенные понятия связаны между собой, но не подменяют друг друга. На самом деле автор занимается повышением прочностных и триботехнических свойств исследуемых сопряжений, что тоже не маловажно. **2.** Из автореферата не ясно (см. п.10 выводов), проводились ли ресурсные

испытания. При положительном ответе можно говорить о том, что автор занимался исследованием долговечности изделий, что существенно повышает уровень исследований.

**3.** Имеет место неправильное употребление терминов, например: «... интенсивный износ» вместо «интенсивное изнашивание» (см. актуальность темы), «величина износа» вместо «износ» (т.к. «износ» сам является величиной).

**9. Отзыв** д.т.н., доц., зам. нач. лаборатории технологии литейных процессов жаропрочных сплавов и сталей ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ **Асланян И.Р.** Замечание: Из автореферата следует, что материалы элементов запорной арматуры выбираются исходя из минимизации коэффициента трения между шаром и седлом. На стр. 10 автореферата показано, что коэффициент трения записывался в режиме реального времени при трибологических испытаниях, однако в результатах исследований в автореферате этот параметр не представлен.

**10. Отзыв** д.т.н., проф. каф. трибологии и технологии ремонта нефтегазового оборудования ФГБОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» **Малышева В.Н.** Замечания: 1. Диссертант не дает обоснования определения микротвердости образцов при двух нагрузках (100 и 200 г). Какое значение при этом принимать за истинное – при большей или при меньшей нагрузке? Логично, что для более твердого карбида титана нужна большая нагрузка (200 г), при которой точность измерения выше, в то время как на относительно мягком сплаве ЖС6У эти значения весьма разнятся. 2. Судя по рис. 8 и описанию в автореферате в качестве стэнда использовалась модернизированная четырех шариковая машина трения, при этом процесс трения осуществлялся не при возвратно-вращательном движении шара, как это имеет место быть в реальных шаровых кранах, а при его постоянном вращении, что не вполне соответствует условиям работы изучаемого трибосопряжения. 3. Имеются некоторые стилистические ошибки.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их значительной публикационной активностью в области методов и технологий упрочнения материалов, используемых в узлах трения машин и механизмов, а также методов минимизации износа и потерь на трение в этих узлах. Выбор ведущей организации определяется специализацией и высоким уровнем ее лабораторий в рассматриваемой области исследований, значительным количеством эффективных разработок и широким кругом публикаций ее сотрудников в ведущих специализированных изданиях.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- **разработана** научная концепция повышения эффективности применения керметов на основе карбида титана в прямых и обратных парах трения (с использованием износостойких покрытий);

- **предложена** научная гипотеза, согласно которой температурная зависимость характеристик адгезионного взаимодействия при трении объясняется главным образом изменением пластичности так называемого «третьего тела», формирующегося на фактическом фрикционном контакте;

- **введен** показатель, пропорциональный линейной интенсивности изнашивания, позволяющий оценивать и сравнивать износостойкость прямой и обратной пар трения.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- **доказана** реализация предложенного механизма формирования величины износа трибосопряжений, состоящих из прямых и обратных пар трения, с учетом взаимовлияния состояния контактирующих поверхностей;

- **использован** комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе сканирующая микроскопия и микрохиманализ поверхностей трения, а также статистическая обработка экспериментальных результатов;

- **изложены** доказательства того, что для пар трения из керметов (с износостойкими покрытиями и без покрытий) преобладающим является адгезионно-усталостное изнашивание;

- **раскрыты** основные закономерности проявления химического сродства контактирующих материалов в величинах характеристики адгезионного взаимодействия при трении;

- **изучены** связи износа трибосопряжений с величиной адгезионной составляющей силы трения.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- **разработаны** и внедрены рекомендации по использованию керметов на основе карбида титана в качестве материала для изготовления элементов шаровых кранов запорной арматуры трубопроводов при нефтепереработке;

- **определена** перспективность практического применения керметов на основе карбида титана для повышения эффективности работы шаровых кранов по износостойкости и энергетическим затратам привода;

- **созданы** математическая (регрессионная) модель зависимости износа пары трения «шар-седло», позволяющая на стадии проектирования трибосопряжения прогнозировать его надежность, а также оборудование и методика стендовых испытаний пары трения «шар-седло»;

- **представлено** заключение по результатам длительных производственных испытаний шарового крана из кермета на основе карбида титана.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- **результаты** получены на сертифицированном оборудовании, установленном в Лаборатории физико-химической механики контактного взаимодействия кафедры ОК-МиМ, в Центре коллективного пользования, а также в Лаборатории моделирования технологических процессов кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО УГАТУ; доказана воспроизводимость этих результатов в условиях института «Триботехники и смазки» ФГБОУ ВО УГАТУ;

- **теория** построена на закономерностях и расчетных зависимостях, проверяемых данных и фактах, а также на фундаментальных положениях научного направления «Адгезионное взаимодействие при трении». Теория согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

- **идея** базируется на анализе научных литературных источников, практики, обобщении разработок последних лет и передового опыта по трибологии и материаловедению;

- **установлено** количественное совпадение результатов лабораторных исследований с результатами стендовых и производственных испытаний;

- **использованы** апробированные методики проведения исследований на современном высокоточном оборудовании, а также современные методики сбора и обработки исходной информации.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

- **проведении** экспериментальных исследований и теоретическом обосновании триботехнических характеристик пар трения из керметов на основе карбида титана (с износостойкими покрытиями и без покрытий) с учетом температуры, давления и нефтяной среды;

- **подтверждении** факта формирования оксидной пленки на поверхностях трения и ее влияния на износ трибосопряжений;

- **графо-аналитической обработке** и обобщении полученных результатов, разработке практических рекомендаций, проведении стендовых испытаний;

- **подготовке публикаций** по выполненной работе.

Все результаты, приведенные в диссертации, получены либо самим соискателем, либо при его участии.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленных научных задач и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, корректной постановкой цели и задач исследования; строгостью теоретического обоснования и проведением практических испытаний разработанных методов.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На заседании 19.12.2016 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Камалетдиновой Регины Рамилевны представляет собой законченную научную квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научно обоснованные технические разработки по проектированию триботехнических систем с керметами на основе карбида титана, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие промышленности страны, что соответствует требованиям п. 9 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842 (ред. от 02.08.2016 г.) к кандидатским диссертациям, и принял решение присудить Камалетдиновой Регине Рамилевне ученую степень кандидата наук по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.02.04, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета  
Д 218.010.02 академик РАН,  
доктор технических наук, профессор



В.И. Колесников

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 218.010.02,  
доктор технических наук,  
профессор

П.Н. Щербак

« 19 » декабря 2016 г.