

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.0.033.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФГБУН «ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ
ИМ. А.А. БЛАГОНРАВОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
И ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 апреля 2023 г. протокол № 3

О присуждении Тохметовой Айгерим Бауыржановне, гражданке Республики Казахстан, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение трибологических свойств смазочного масла легированием микро-/нанодобавками» по специальности 2.5.3 – Трение и износ в машинах принята к защите «21» февраля 2023 г. (протокол № 2) диссертационным советом 99.0.033.02, созданным на базе ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук» и ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», Минобрнауки России, 241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, д.7, приказ о создании диссертационного совета № 1335/нк от 25.10.2016 г., шифр диссертационного совета изменён в соответствии с приложением №1 приказа №561/нк от 03.06.21 г.

Соискатель Тохметова Айгерим Бауыржановна, 13 ноября 1994 года рождения, в 2022 году окончила аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук» по направлению подготовки 15.06.01 «Машиностроение», сдала кандидатские экзамены (согласно приказу Министерства образования и науки РФ от 12 октября 2022 года №2007/27/01асп) в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук». Работает младшим научным сотрудником в Лаборатории узлов трения для экстремальных

условий в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Лаборатории узлов трения для экстремальных условий в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Албагачиев Али Юсупович, заведующий отделом «Трение, износ, смазка. Трибология» в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Гайдар Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение и технология машиностроения» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,

2. Хопин Петр Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология производства и эксплуатации двигателей летательных аппаратов» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Елагиной Оксаной Юрьевной, д.т.н., профессором, заведующей кафедрой трибологии и технологии ремонта нефтегазового оборудования; Малышевым Владимиром Николаевичем, д.т.н., профессором кафедры трибологии и технологии ремонта нефтегазового оборудования, указала, что диссертация содержит решение актуальной научно-технической задачи, является завершённой научно-

квалификационной работой, обладает теоретической и практической значимостью, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Тохметова Айгерим Бауыржановна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3 – «Трение и износ в машинах».

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ. Работы посвящены решению научных задач, касающихся трибологическому исследованию смазочных композиций, включающих твердые добавки. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Albagachiev A.Y. Tribotechnical characteristics of nanomodifier 1/ A.Y. Albagachiev, N.N. Novikova, A.B. Tokhmetova // Journal of machinery manufacture and reliability. – Moscow, 2020. – №5. – P. 457-461.

2. Albagachiev A.Y. Tribotechnical properties of nanomodifier 2/ A.Y. Albagachiev, A.B. Tokhmetova // Journal of machinery manufacture and reliability. – Moscow, 2020. – №10. – P. 870-873.

3. Тохметова А.Б. Исследования трибологических свойств моторного масла с содержанием фуллеренов / А.Б. Тохметова, А.В. Михеев, М.А. Тананов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 4. – С. 108-112.

4. Влияние смазочных композиций с содержанием фуллеренов на процесс осадки заготовки / А. Ю. Албагачиев, А. Б. Тохметова, С. В. Скрипник [и др.] // Транспортное машиностроение. – 2022. – № 10(10). – С. 28-35.

5. Албагачиев А.Ю. Определение температуры нагрева смазочного слоя при трении / А.Ю. Албагачиев, А.В. Михеев, М.А. Тананов, А.Б. Тохметова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 5. – С. 93-98.

6. Михеев А.В. Моделирование температуры при смешанной смазке / А.В. Михеев, А.Б. Тохметова, М.А. Тананов // Научные труды VII международной научной конференции «Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении – 2021» (FRITME – 2021)/ – Москва, 2021. – С. 171-174.

На диссертацию и автореферат поступило 12 отзывов. Все отзывы положительные, при этом содержат следующие замечания:

1. Бурлакова Виктория Эдуардовна, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Химия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ) (г. Ростов-на-Дону); Дроган Екатерина Геннадьевна, к.т.н., доцент кафедры «Химия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ) (г. Ростов-на-Дону). Замечания: 1) В автореферате (стр. 14) говорится: «На первом этапе проводились испытания с частотой вращения 50, 100, 300 об/мин...» Однако, из автореферата не ясно, как влияет частота вращения на средние значения коэффициента трения, интенсивности изнашивания и температуры смазочного слоя. Кроме этого, представленные значения этих показателей в зависимости от нормальной нагрузки (табл. ,4 5) имеют одинаковые значения для всех трех пар трения? 2) Не указано, проводилась ли проверка воспроизводимости результатов экспериментальных исследований. Следовало бы для значений коэффициента трения и температуры, рис 10, 11 (стр. 16 автореферата) указать доверительные интервалы. 3) Из автореферата не понятно, какая сравнительная оценка была проведена в шестой главе, и как согласуются экспериментальные исследования и теоретические расчеты.

2. Гаджиев Гасан Магамедрасулович, к.т.н., доцент кафедры Эксплуатации машин и оборудования, Институт механики и машиностроения (ИММ) ФГБУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет» (г. Йошкар-Ола). Замечания: 1) Следует отметить, что в основных выводах квалификационных работ по техническим наукам принято приводить рекомендации по использованию полученных результатов. 2) К сожалению, автор не указывает авторство приведенной математической модели расчета средней температуры в смазочном слое. 3) К сожалению, во второй главе задача была сформулирована для одномерных условий. Следует отметить, что подобные решения являются достаточно известными, причем именно с применением интегральных

преобразований и, в частности, с применением операционного исчисления методом Лапласа. Например, в работах (Михайлов Ю.Д. Вариационные методы в теории нелинейного тепло- и массопереноса/ Ю.А. Михайлов, Ю.Т. Глазунов. - Рига: Зинатне, 1985. 190 с. и Цой П. В. Методы расчета отдельных задач тепломассопереноса/ П. В. Пой. - М.: Энергия, 1971. 384 с.) приведены три варианта точного аналитического решения краевой задачи термовлагодпереноса (методом источников, методами интегральных преобразований Фурье и Лапласа, а также вариационным методом Бубнова - Галеркина) с граничными условиями второго рода, по отношению к которым решение автора является частным случаем. В статье (Плохотников К.Э. Вычислительные методы. Теория и практика в среде MATLAB. - М.: Горячая линия - Телеком, 2009.) приводится решение подобной задачи в среде MATLAB. В фундаментальной монографии (Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел/ Г. Карслоу, Д. Егер. - М: Наука, 1964. - С. 292-321), в частности, приводятся постановки и решения задач теплопроводности в одномерной, двумерной и пространственной постановках для граничных условий первого, второго и третьего рода на основе применения интегрального преобразования Лапласа. В результате полученное решение выражается аддитивной функцией, включающей экспоненту и интегральную функцию ошибок. В статье (Федосов С.В. Автоматизация решения задачи теплопереноса в древесине стропильных конструкций с нагелем методом Лапласа/ С.В. Федосов, В.Г. Котлов, А.Г. Поздеев, Ю.Д. Кузнецова//Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Материалы. Конструкции. Технологии», 2021. - N 2(18). - С. 53-63) задача, практически тождественная по постановке задаче автора диссертации, решена методом преобразования Лапласа в прикладной среде MathCad. 4) Отметим, однако, что модифицированного уравнения Рейнольдса, полученное из уравнения Навье - Стокса для тонкого смазочного слоя в полярной системе координат и включающее зависимость вязкости температуры и пьезокоэффициент вязкости достаточно известно (Кодонир Д.С. Контактная гидродинамика смазки деталей машин/ Д.С. Кодонир. М.: Машиностроение, 1976. 304 с.). 5) Достаточно интересным является численное решение безразмерного

уравнения энергии для тонкого слоя смазки с начальными и граничными условиями методом прогонки в программной среде Delphi, которому автор мог бы уделить больше внимания в автореферате. 6) В качестве замечания по шестой главе можно указать, в автореферате не отражены вопросы планирования эксперимента и обработки результатов экспериментальных исследований в критериальной форме. По крайней мере, можно было бы использовать критерий Кохрена для проверки воспроизводимости данных, а критерий согласия Фишера - для определения адекватности регрессионных уравнений, получаемых в процессе эксперимента. Кроме того, в автореферате приведены результаты обработки экспериментальных данных в графической форме, а уравнения регрессии отсутствуют.

3. Керопян Амбарцум Мкртичевич, д.т.н., доцент, главный научный сотрудник, Общество с Ограниченной Ответственностью «Московский научно-исследовательский проектно- изыскательский институт технологий и инноваций», ООО МНИПИТИ (г. Москва). Замечания: 1) Интересно, почему при создании смазочной композиции автор использовал именно фуллерен C_{60} ? 2) В подрисуночной надписи рис. 2 автореферата нет пояснений – что показывают графики №1, №2, №3.

4. Миронова Любовь Ивановна, д.т.н., доцент, профессор кафедры 914 «Проектирование сложных технических систем», институт №9 «Общеинженерная подготовка», Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (г. Москва). Замечания: 1) Из текста автореферата неясно присутствуют ли снимки равномерного перемешивания моторного масла с фуллереном C_{60} .

5. Мукутадзе Мурман Александрович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Высшая математика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС) (г. Ростов-на-Дону). Замечания: 1) В реферате недостаточно обоснован выбранный для испытаний диапазон нагрузочно-скоростных режимов. 2) Оперирование коэффициентом трения как

критерием в настоящее время недостаточно информативно, так как любая машина имеет запас мощности. Перспективнее оперировать несущей способностью трибосистемы и её ресурсом. 3) Целью работы является методика исследования ЖСМ, но она стандартизирована (ЖСМ ГОСТ 9490-75 и 17604-72). 4) В реферате не приведено время выработки всего количества присадки из масла.

6. Седакова Елена Борисовна, д.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией трения и износа, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук (ИПМаш РАН) (г. Санкт-Петербург). Замечания: 1) Соискателем на стр. 6 автореферата заявлено 12 научных публикаций, однако, как следует из перечня публикаций, представленного на стр. 19 автореферата, работа под номером 2 является англоязычной версией работы под номером 1, то же можно сказать и о работах под номерами 4 и 3. Таким образом, общее количество публикаций 10. 2) В названиях таблиц 1 и 2 слово «расчетный» неуместно, так как значения моментов трения получены в результате экспериментальных исследований. 3) В автореферате получена формула (21) для определения ресурса смазочного материала, которая в дальнейшем использована для получения «безразмерного критерия оценки ресурса смазочного материала». Однако размерность (21), не характерна для временного показателя надежности, такого как ресурс. 4) В автореферате нет логической связи между результатами, полученными во второй главе и материалом, изложенным в третьей, четвертой и пятой главах. Не показано практическое применение разработанного безразмерного критерия оценки ресурса для смазочного материала с минеральными добавками в виде серпентинита и шунгита. Возможно, такая информация имеется в тексте диссертации.

7. Сидоров Михаил Игоревич, д.т.н., профессор кафедры цифровых и аддитивных технологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (г. Москва). Замечания: 1) В автореферате не указана частота перемешивания смазочной композиции с помощью ультразвукового диспергатора.

8. Ставровский Михаил Евгеньевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Промышленная логистика» (ИБМ-3), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (г. Москва). Замечания: 1) Отсутствует обсуждение некоторых полученных результатов, в частности, влияния высоких температур на исследуемые смазочные композиции.

9. Фиронов Анатолий Николаевич, к.т.н., доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (г. Москва). Замечания: 1) В работе нет обоснования выбора типа масла при анализе и проведении экспериментальных исследований. 2) Какое влияние на трибологические свойства моторного масла с микродобавками (коэффициент трения, износ) оказывает низкая температура, например при минус 30 градусов Цельсия? 3) Выполнялась ли сравнительная оценка по интенсивности изнашивания при смазочной композиции с серпентинитом?

10. Хейло Сергей Валерьевич, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина» (г. Москва). Замечания: 1) Из автореферата не ясно как повлияло введение нанодобавок на динамическую вязкость масла? 2) В тексте автореферата не представлено обоснование выбора языка программирования Delphi для диссертационной работы.

11. Шульга Геннадий Иванович, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова (г. Новочеркасск). Замечания: 1) В автореферате следовало привести данные о времени стабильности моторного масла с различными микро-/нанодобавками после диспергирования их в ультразвуковом диспергаторе. 2) На стр.17, рис.13 автореферата приведены средние значения коэффициентов трения при осадке заготовок и исследовании моторного масла с добавками фуллеренов и углеродных

нанотрубок. В автореферате автору следовало дать пояснения, почему углеродные нанотрубки оказали большее влияние на уменьшение коэффициента трения в композиции моторное масло – углеродные нанотрубки по сравнению с добавкой фуллерена в композиции моторное масло-фуллерен.

12. Ахтулов Алексей Леонидович, д.т.н., профессор, профессор кафедры двигателей Омского автобронетанкового инженерного института (г. Омск).
Замечания: 1) Не корректно названы таблицы 1 и 2, так как в них приводятся значения моментов трения полученных в результате экспериментальных исследований. 2) Из автореферата не ясно практическое применение предложенного «безразмерного критерия оценки ресурса смазочного материала». 3) В автореферате не приводится оценка влияния значительных увеличений температур при нагревании узлов трения на исследуемые смазочные композиции.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их способностью определить научную и практическую ценность диссертации, компетентностью и высокой квалификацией в своей отрасли, наличием публикаций в соответствующей области исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая комплексная методика исследования температурных и вязкостных характеристик жидких смазочных композиций, легированных микро/нано-добавками, позволившая выявить качественно новые закономерности влияния микро/нано-добавок на трибологические свойства смазочного масла.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложена оригинальная научная гипотеза о повышении антифрикционных и противоизносных свойств жидких смазочных композиций легированием масла микро/нано-добавками серпентинита и фуллерена C_{60} .

разработана модель расчета динамического градиента температуры по высоте легированного смазочного слоя, на основе решения уравнения теплопроводности Фурье, с учетом переменной скорости сдвига;

разработана модель расчета средней температуры смазочного слоя, на основе энергетического баланса трения, с учетом переменной скорости сдвига;

разработана модель расчета пары трения-скольжения, эксплуатирующейся в гидродинамическом режиме с легированным микро/нано-добавками смазочным материалом.

выведен критерий оценки ресурса смазочного материала с микро/нано-добавками, зависящий от температуры, физико-механических свойств и вязкости.

применительно к проблематике диссертации результативно использованы метод преобразования Лапласа и метод прогонки для решения дифференциальных уравнений в частных производных, **применено** модифицированное уравнение Рейнольдса, полученное из уравнения Навье-Стокса для тонкого смазочного слоя.

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

разработаны и внедрены в учебный процесс в рамках программы магистратуры по направлению 15.04.01 «Машиностроение» в МИРЭА (Российский технологический университет) - разработанный программный комплекс и модели, предназначенные для определения рационального состава смазочных композиций с заданными антифрикционными и противоизносными свойствами за счёт введения в них необходимого количества микро/нано-добавок.

разработан программный комплекс для расчета момента трения, толщины и температуры смазочного слоя на основе решения модифицированного дифференциального уравнения Рейнольдса с переменной вязкостью в нестационарной задаче для двух сближающихся поверхностей (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022662966).

представлены рекомендации по рациональному процентному содержанию легирующих микро/нано-добавок серпентинита и фуллерена C_{60} в смазочных композициях, для решения прикладных задач повышения трибологических свойств смазочного масла, работающего в условиях жидкостного трения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ установлена верификация результатов численного расчета с данными экспериментальных исследований.

использованы корректно современные методики сбора и обработки информации, в том числе источники информации всемирной сети Интернет, выполнен критический анализ данных литературного и патентного поиска, касающегося повышения трибологических свойств смазочного масла легированием твердыми добавками.

использованы пакеты приложений Microsoft Office, интегрированная среда разработки Anaconda и язык программирования Python, интегрированная среда разработки Embarcadero и язык программирования Delphi.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии автора в получении исходных данных и научных экспериментах, обработке и обобщении их результатов, а также в подготовке научных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: «составы смазочных композиций, легированных твердыми микро/нано-добавками, рекомендуемые для узлов трения, работающих в гидродинамическом режиме, должны существенно отличаться от состава композиций, рекомендуемых для процесса прессовой осадки образцов, в связи с разными условиями трения».

Соискатель Тохметова А.Б. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию изложенных пожеланий.

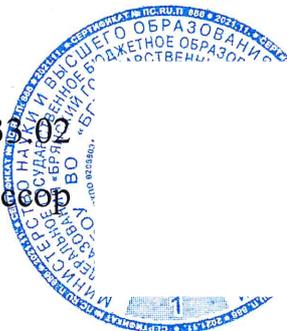
Диссертация Тохметовой Айгерим Бауыржановны является завершённой научно-квалификационной работой, отвечающей критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. В работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

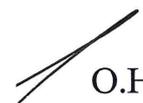
На заседании 25 апреля 2023 года диссертационный совет принял решение - за решение научной задачи, связанной с повышением трибологических свойств жидких смазочных материалов легированием масла микро/нано-добавками и разработку комплексной методики исследования их трибологических, температурных и вязкостных характеристик, имеющих существенное значение для развития машиностроительной отрасли промышленности и отрасли знаний «Трение, износ, смазка» присудить Тохметовой А.Б. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по научной специальности 2.5.3 – «Трение и износ в машинах», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 1, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета 99.0.033.02
доктор технических наук, профессор



 О.Н. Федонин

Ученый секретарь

диссертационного совета 99.0.033.02
кандидат технических наук, доцент

 В.А. Ханджо

Дата оформления заключения: 25.04.2023

