

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента
Корнаева Алексея Валерьевича на диссертационную работу
Якуниной Ксении Александровны «Механизм действия и повышение эффективности
маслорастворимых противоизносных присадок», представленную на соискание
учёной степени кандидата технических наук по специальности

1.4.4. - Физическая химия

Актуальность темы исследования

Проблема снижения потерь на трение является перманентной и ее окончательное решение не предвидится в ближайшем будущем. Поэтому актуальность темы исследования не вызывает сомнений. Разработка современных пакетов присадок представляет исключительную сложность, в основном, из-за слабого представления о физико-химических механизмах противоизносного действия маслорастворимых ПАВ, поэтому особую ценность имеет экспериментально доказанное теоретическое представление о механизме действия противоизносных присадок, заключающемся в иницировании полимолекулярной адсорбции углеводородных компонентов масла на поверхности металла, модифицированной мономолекулярным слоем ПАВ. Автор разработал новые маслорастворимые противоизносные присадки к смазочным материалам, на основании оценки их физико-химического действия. Используемые в работе теоретические подходы и методы исследования позволяют выполнять дальнейшие исследования по созданию противоизносных компонентов для производства полноценных импортозамещающих смазочных масел и пластичных смазок.

В пользу актуальности свидетельствует факт того, что основная часть работы выполнялась в рамках комплексного проекта «Создание высокотехнологичного производства нового поколения энергоэффективных трансмиссий для грузовых автомобилей и автобусов» по договору № 02.G25.31.0142 от «01» декабря 2015 года между Министерством образования и науки Российской Федерации и Публичным акционерным обществом «КАМАЗ» в кооперации с головным исполнителем НИОКТР - Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Общая характеристика диссертационной работы

Особенностью работы является исследование рабочих характеристик масел с противоизносными присадками и процесса смазывания трибосопряжений в условиях гидродинамического и смешанного режимов трения, а также в условиях повышенных температур. Работа имеет преимущественно экспериментальный характер.

Автор постулирует необходимость оценки физико-химического механизма противоизносного действия маслорастворимых ПАВ, для применения этих представлений в последующей разработке маслорастворимых противоизносных присадок. В качестве цели работы выбрана разработка и оценка физико-химических характеристик новых маслорастворимых противоизносных присадок основных классов, превосходящих по эффективности присадки, производящиеся в Российской Федерации в настоящее время.

Для достижения цели автором рассмотрены известные в литературе представления о физико-химических механизмах действия маслорастворимых противоизносных присадок, сделаны предположения о связи состава, структуры и эффективности, выполнен синтез веществ с ожидаемой повышенной эффективностью, проведены сравнительные трибологические испытания синтезированных веществ и прототипов.

Экспериментальная часть исследований выполнена с использованием прибора ИК-Фурье спектрометр ALPHA, машины трения ИИ-5018, четырехшариковой машины трения.

Автор работы выполнила значительный по объему обзор классических и современных источников с критическим анализом, что позволило сформулировать актуальные задачи исследования.

В первой главе представлен литературный обзор характеристика смазочных масел и граничного слоя, а также осуществлен обзор и анализ механизмов трения и изнашивания зубчатых передач.

Вторая глава посвящена описанию объектов и методов исследования. В качестве объектов исследования автором были обозначены противоизносные присадки следующих типов:

- диалкилдитиофосфаты цинка, молибдена (III) и других металлов с различной величиной углеводородных радикалов;
- триарилфосфоротионаты;
- триалкилфосфоротионаты.

Далее описаны методики их синтеза. Затем автор обозначает методику оценки смазочных масел, обоснование выбора метода испытаний и оценочные характеристики.

В этой же главе описаны установки для испытания трибологических и триботехнических материалов.

В третьей главе автор представил результаты исследования и обсуждения, а также выводы. В п. 3.1 описано исследование механизма действия противоизносных присадок. Сделан вывод, что основным механизмом противоизносного действия диалкилдитиофосфатов цинка (DDTPZ) и аналогичных ПАВ, является инициирование полимолекулярной адсорбции углеводородных компонентов смазочного масла, что обеспечивает жидкостное трение при более высоких контактных нагрузках, чем масла без присадок. В п. 3.2 автором выявлена зависимость противоизносных свойств DDTPZ от величины углеводородного радикала. Показано, что при введении в масло DDTPZ с радикалами C16 переход в граничный режим с ростом коэффициента трения происходит при большей величине контактного давления. В п. 3.3 автором представлены результаты исследования влияния иона металла, связанного с диалкилдитиофосфатом на антифрикционные и противоизносные свойства. Из полученных экспериментальных данных следует, что диалкилдитиофосфаты цинка и молибдена трехвалентного обеспечивают более высокие и стабильные антифрикционные свойства масел при повышенных температурах. Также для оценки противоизносных свойств дигексадецилдитиофосфатов цинка и трехвалентного молибдена были проведены испытания на четырехшариковой машине трения трансмиссионного масла ТАД-17, с дополнительно введенными в него синтезированными образцами. В п. 3.4 автором показаны результаты испытания синтезированных триалкил- и триарилфосфоротионатов. Наиболее значимым эффектом от дополнительного введения триалкил- и триарилфосфоротионатов отмечено снижение силы трения в диапазоне температур 80...140 °С, что позволит в условиях эксплуатации снизить генерирование тепла в зубчатых передачах и предотвратить достижение критических температур. В п. 3.5 представлены результаты исследования сравнительной эффективности дигексадецилдитиофосфата цинка (ZDDP C16) с диоктилдитиофосфатом цинка (ZDDP C8) и присадкой ЦД-7 (ZDDP C7) в базовых полиальфаолефиновых маслах. Испытания были выполнены в лаборатории НИИ «Триботехники и смазки» УГАТУ в качестве независимой экспертизы эффективности дигексадецилдитиофосфата цинка

В качестве рекомендаций развития темы предлагается наиболее перспективное направление дальнейших исследований в данной области: синтез и изучение противоизносных компонентов, не содержащих цинк, серу и фосфор, аналогичных присадкам в смазочных маслах иностранного производства.

В целом, диссертация представляет собой законченное научное исследование. Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее содержание.

Степень обоснованности, достоверность и новизна выносимых на защиту научных положений

Научная новизна диссертационной работы выражается в 3 пунктах теоретического и прикладного характера, содержательная часть которых соответствует областям исследований паспорта научной специальности 1.4.4. Физическая химия.

Пункт 1 научной новизны констатирует, что противоизносные маслорастворимые присадки формируют мономолекулярный слой и инициируют полимолекулярную адсорбцию углеводородных компонентов масла на поверхности металла.

Пункт 2 имеет практическое значение и связан с экспериментально установленной зависимостью трибологических свойств солей диалкилдитиофосфорных кислот от свойств иона металла, используемого для их нейтрализации и длины углеводородного радикала.

Пункт 3 констатирует, что в диапазоне температур 80 – 110 С противоизносные свойства триалкилфосфоротионатов выше, чем триарилфосфоротионатов.

Положения, выносимые автором на защиту, включают 3 пункта, которые, по сути, коррелируют с пунктами научной новизны работы. В том числе:

1. Влияние параметров молекул на адсорбцию углеводородной жидкости на поверхности металла.
2. Зависимость между структурой и трибологическими параметрами солей диалкилдитиофосфорных кислот и триалкил / триарилфосфоротионатов.
3. Зависимость трибологических свойств солей диалкилдитиофосфорных кислот от природы иона металла, используемого для их нейтрализации. В целом, обоснованность, достоверность и новизна выносимых на защиту положений не вызывает сомнений.

Степень обоснованности, достоверность и новизна выводов и рекомендаций

Общие выводы и рекомендации по результатам работы включают 4 пункта. Выводы сформулированы преимущественно на основании проведения обширной экспериментальной работы в ходе диссертационного исследования.

Вывод 1 имеет констатирующий характер и свидетельствует о полимолекулярном характере адсорбции углеводородной жидкости на поверхности металла в присутствии ПАВ и определяющем влиянии адсорбции на трибологические характеристики углеводородной жидкости. При этом, по тексту диссертации в параграфе 3.1.3 говорится о сопоставлении результатов моделирования гидродинамического трения и эксперимента, и о наличии расхождения данных теории и эксперимента при расчетных толщинах 1.5-2 мкм. Исходя из этого различия, автор делает вывод об изменении реологических свойств тонкого слоя ввиду полимолекулярного характера адсорбции.

Вывод 2 имеет практическое значение и показывают экспериментально установленные зависимости влияния на трибологические характеристики смазочных масел диалкилдитиофосфатов металлов с различными размерами углеводородных радикалов, различной основностью нейтрализующего металла.

Вывод 3 также практически значим и обозначает экспериментально подтверждённое влияние параметров углеводородного радикала, входящего в состав триалкилфосфоротионатов и триарилфосфоротионатов, на противоизносные и антифрикционные свойства.

Вывод 4 свидетельствует о разработке и синтезе противоизносных присадок, превосходящих по эффективности присадки, производящиеся в настоящее время в Российской Федерации. Также автором отмечено, что разработанные присадки показывают большую эффективность при введении их в состав как минеральных масел, так и синтетических полиальфаолефинов.

В целом, обоснованность, достоверность и новизна выводов и рекомендаций не вызывает сомнений.

Анализ публикаций автора по теме исследования и оценка авторского вклада

Опубликованные автором работы в достаточной мере отражают содержание диссертации. Соискателем индивидуально и в соавторстве было опубликовано по теме исследования 18 работ, в том числе 10 статей, включая 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауке РФ, а также 5 патентов РФ на изобретение.

Полученные результаты докладывались и обсуждались на различных научно-технических конференциях.

Авторский вклад отражают научная новизна и выносимые на защиту положения. Диссертационная работа полностью отвечает пункту 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Замечания по диссертационной работе

1. Значительный объем диссертационной работы посвящен обзору предшествующих работ. При этом, самый современный источник из библиографического списка датирован 2016 г.

2. Основные разделы диссертации (разделы 2, 3) не содержат математических моделей исследуемых процессов и явлений. Например, расчетные модели гидродинамики и (или) молекулярной динамики могли бы существенно дополнить и помочь объяснить полученные экспериментальные данные.

3. Пункт 1 научной новизны и пункт 1 выводов по работе постулируют полимолекулярный характер адсорбции. В параграфе 3.1.3 диссертации говорится о доказательстве наличия соответствующего высоковязкого слоя на поверхности трибосопряжений. Однако, по тексту диссертации недостаточно объяснена физика многослойного течения, а в представленных данных экспериментов не наблюдается характерного роста коэффициента трения при больших нагрузках, свидетельствующего о возникновении гидродинамического трения в тонком высоковязком слое.

4. В пункте 2 научной новизны не уточняется для какого режима трения получен эффект снижения коэффициента трения на 10...15 %.

5. Полученные экспериментальные данные следовало бы более подробно интерпретировать по тексту диссертации и автореферата. Например, по данным рисунка 3.10 диссертации (рисунка 4 автореферата) не вполне ясно, почему с ростом температуры момент трения увеличивается, при том, что вязкость масел с ростом температуры снижается.

6. В работе представлены важные экспериментальные сведения и выявлены закономерности о влиянии разработанных противоизносных присадок на трибологические свойства смазочных материалов. Однако, не приведено сведений об изменении свойств масел с присадками в течение длительного времени их использования.

Отмеченные замечания не снижают существенно научной и практической значимости диссертационной работы.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным
«Положением о порядке присуждения учёных степеней»**

Рассматриваемая диссертация имеет высокий научный и технический уровень, соответствует заявленной специальности и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований предложены новые технические решения и разработки, связанные с созданием высокоэффективных противоизносных присадок для смазочных материалов, имеющие существенное значение для развития триботехники и гидродинамической теории смазки. Считаю, что оппонируемая работа удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор – Якунина Ксения Александровна заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.4.4. «Физическая химия».

Официальный оппонент:

доктор технических наук по специальности 05.13.18
«Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ», доцент,

профессор кафедры мехатроники, механики и
робототехники федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С.
Тургенева»,

адрес: 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95,
rusakor@inbox.ru, +7(953)-478-15-91.

 Алексей Валерьевич Корнаев
24.10.2022 г.

Подпись Алексея Валерьевича Корнаева заверяю,
учёный секретарь Учёного совета
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» к.б.н., доцент





Наталья Николаевна Чадаева