

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора (специальность 05.20.03) Уханова Дениса Александровича на диссертационную работу Слюсарева Михаила Николаевича «Снижение износа агрегатов дизельных двигателей мобильной сельхозтехники ультразвуковой обработкой смазочных масел», представленную к защите в диссертационный совет Д 220.057.03 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.03 – «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»

Актуальность темы диссертации

Улучшение эксплуатационных показателей поршневых ДВС (износостойкости, мощности, топливной экономичности, экологичности и др.), устанавливаемых на мобильную сельскохозяйственную технику, приводит к ужесточению условий работы моторного масла в сопряжениях двигателя. В результате этого производители автотракторных двигателей повышают требования, предъявляемые к моторным маслам и, в первую очередь, к их антифрикционным, противоизносным и противозадирным свойствам. Однако улучшение трибологических свойств моторных масел связано со значительными материальными и финансовыми затратами.

Одним из способов улучшения трибологических свойств моторных масел является их ультразвуковая обработка, причем желательно непосредственно на мобильной с.-х. технике в процессе работы дизельного двигателя. Однако механизм воздействия ультразвука на процессы изменения трибологических свойств моторных масел до конца не изучен, не определены рациональные параметры ультразвуковой обработки (мощность и частота ультразвукового излучения, периодичность и продолжительность ультразвуковой обработки и др.), отсутствуют компактные и эффективные технические средства для ультразвуковой обработки моторных масел, адаптированные к работе системы смазки узлов и агрегатов с.-х. техники.

Поэтому изучение и исследование физических процессов изменения свойств моторных масел под воздействием ультразвука, определение рациональных параметров обработки ультразвуком, разработка недорогих и эффективных устройств для ультразвуковой обработки моторных масел, обеспечивающих снижение износа узлов и агрегатов мобильной сельскохозяйственной техники, являются актуальной научной и практически значимой задачей для АПК России.

Работа выполнена по плану НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016-2020 гг. по теме 3 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве».

**Степень обоснованности научных положений, выводов
и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе,
их научная новизна и достоверность**

Анализ научных публикаций, патента на изобретение и диссертационной работы соискателя показывает, что в них содержатся новые результаты исследований, соответствующие паспорту специальности 05.20.03 – технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве.

Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертации, обоснованы и получены соискателем в результате систематизации, анализа и оценки предшествующих работ по исследуемой научной проблеме, собственных конструкторских разработок и экспериментальных исследований, выполненных в лабораторных и стендовых условиях.

Научная новизна и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений и подтверждается использованием в диссертационной работе современных средств контроля, измерения и обработки, результатами сравнительных экспериментальных исследований.

Каждый раздел диссертации заканчивается выводами, на основании которых сформулированы общие выводы, представленные в заключении, содержащим четыре пункта.

Первый вывод содержит количественные оценки по влиянию параметров ультразвука и времени ультразвуковой обработки на физико-механические свойства моторного масла. Вывод основан на изучении трудов по акустической кавитации, на научных положениях собственных теоретических исследований и подтверждается результатами лабораторных экспериментов. Вывод отражает решение первой задачи исследования.

Второй вывод устанавливает зависимости показателя фактора износа и коэффициента поверхностного натяжения синтетического моторного масла от частоты излучения в процессе ультразвуковой обработки. Теоретические исследования показателя фактора износа, как результата изменений физико-химических свойств тонких поверхностных слоев металлов под действием упругого фрикционного контакта в режиме граничной смазки, выявили его связь с формированием оптимального масляного клина между контактирующими поверхностями. При ультразвуковой обработке моторного масла при частотах ультразвука от 17 до 43 кГц зависимость показателя фактора износа от частоты излучения повторяет зависимость коэффициента поверхностного натяжения масла, ответственного за формирование масляного клина. Вывод отражает решение второй задачи исследований.

Третий вывод базируется на результатах выполненных износных испытаний подвижных и неподвижных пар трения на машине трения СМТ-1М при обработке моторного масла ультразвуком, из которых следует, что максимальное уменьшение показателя фактора износа при обработке синтетического масла ультразвуком с частотой 17 кГц и мощностью 25 Вт составило 28%. Вывод отражает решение третьей задачи исследований.

Четвертый вывод основан на разработке устройства для периодической ультразвуковой обработки моторного масла и конструктивно-технологической схемы адаптации его в систему смазки стенда для ускоренных износных испытаний компрессоров А 29.01.000. В результате испытаний установлено, что интегральный весовой износ поршневых колец компрессора за счет ультразвуковой обработки моторного масла снизился: для верхнего компрессионного кольца – на 31%; для нижнего компрессионного кольца – на 28%; для маслосъемного кольца – на 30%. Вывод подтвержден экономической эффективностью и отражает решение четвертой задачи исследований.

Ценность результатов исследований для науки и практики

Научную новизну и теоретическую значимость работы составляют:

- функциональная зависимость показателя фактора износа пар трения от частоты излучения в процессе ультразвуковой обработке синтетических моторных масел;

- экспериментальная оценка воздействия параметров ультразвукового излучения (мощность и частота ультразвукового излучения, время обработки ультразвуком) на физико-механические свойства моторного масла (коэффициент поверхностного натяжения, температура и вязкость масла, эффект сохраняемости ультразвуковой обработки);

- кавитационный способ получения и внесения мелкодисперсных добавок в жидкие смазки;

- физическая модель разрывов сплошности жидкости и образования парогазовых пузырьков при акустической кавитации;

- механизм определения интервала температур в зоне контакта для наиболее благоприятного проявления объемно-поверхностных свойств пленочных образований смазки, основанный на аналитических зависимостях коэффициента поверхностного натяжения минеральных, полусинтетических и синтетических моторных масел от температуры.

Практическую значимость работы определяют:

- результаты триботехнических испытаний пар трения на машине трения СМТ-1М при обработке моторного масла ультразвуком;

- устройство для ультразвуковой обработки моторного масла, применение которого обеспечивает снижение массового износа поршневых колец компрессора А29.01.000 в среднем на 29%;

- стенд для проведения ускоренных износных испытаний поршневых компрессоров.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы из 167 наименований и четырех приложений. Диссертация изложена на 176 страницах, включает 93 рисунка и 35 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, раскрыта научная и практическая значимость работы, изложены основные научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту.

В первом разделе проведен анализ существующих методов снижения износа деталей и узлов дизельного двигателя за счет энергетического воздействия на смазочные масла. Выявлены перспективы метода снижения износа агрегатов дизельных двигателей ультразвуковой обработкой моторного масла. На основании проведенного анализа и в соответствии с поставленной в работе целью сформулированы задачи исследований.

Во втором разделе рассмотрены физические основы кавитации, предложена модель разрыва сплошности жидкости и образования парогазовых пузырьков при акустической кавитации, проведена систематизация основных методов определения износа. Проанализированы физические и трибологические аспекты показателя фактора износа, позволяющие использовать его в качестве сравнительной оценки износа при трибологических испытаниях образцов на машине трения. Спрогнозирован вид зависимости показателя фактора износа от частоты излучения в процессе ультразвуковой обработки синтетического моторного масла.

В третьем разделе описаны программа и методики проводимых исследований. Методики исследований базируются на российских и межгосударственных стандартах и нормативных методических указаниях. Описаны методики экспериментальных исследований, разработанные соискателем.

В четвертом разделе приведены результаты экспериментальных исследований по определению:

- зависимости показателей физико-механических свойств минерального, полусинтетического и синтетического моторных масел при их ультразвуковой обработке от температуры масла, параметров ультразвука, а также времени ультразвуковой обработки;

- времени сохраняемости ультразвуковой обработки масла;
- оценки эффективности кавитационного способа получения и внесения в моторное масло мелкодисперсных добавок;
- показателей износа образцов пар трения на машине трения СМТ-1М.

Установлено, что максимальное снижение коэффициента поверхностного натяжения (4,8%) наблюдается при обработке синтетического масла ультразвуком в диапазоне частот от 17 до 43 кГц и мощностью сигнала свыше 25 Вт.

Время сохраняемости результатов ультразвуковой обработки масла составляет 72 часа для синтетического и 56 часов для полусинтетического масел.

Эксперимент по оценке эффективности способа внесения мелкодисперсных добавок в жидкие смазки, полученных под действием кавитационной эрозии, показал его эффективность при мощности ультразвука свыше 30 Вт.

При проведении износных испытаний образцов (ролик-колодка) на машине трения СМТ-1М с обработкой синтетического моторного масла «ZIC X7 Diesel» 10W-40 ультразвуком установлено, что уменьшение показателя фактора износа при обработке масла ультразвуком зависит от частоты излучения, причем при обработке с частотой 17...43 кГц показатель фактора износа уменьшился на 28% по сравнению с необработанным ультразвуком смазочным маслом.

В пятом разделе приводится разработанная соискателем конструктивно-технологическая схема устройства для периодической ультразвуковой обработки моторного масла в системе смазки стенда для ускоренных износных испытаний поршневых компрессоров. Представлены результаты износных испытаний компрессоров А29.01.000 при периодической ультразвуковой обработке моторного масла. Массовый (весовой) износ верхнего поршневого кольца при обработке масла снизился на 31%, нижнего поршневого кольца — на 28%, маслосъемного кольца — на 30%.

Приведен расчет годового экономического эффекта от внедрения устройства для периодической ультразвуковой обработки масла в системе смазки компрессора А29.01.000.

Замечания по диссертационной работе

1. В актуальности темы исследований соискатель поднимает проблему повышения износостойкости пар трения в автотракторных двигателях за счет ультразвуковой обработки моторного масла, но все исследования по снижению износа поршневых колец им проведены на компрессоре А29.01.000, который является агрегатом тормозной системы прицепа трактора МТЗ-80/82, а не агрегатом дизельного двигателя. Условия работы моторного масла в системе смазки двигателя внутреннего сгорания существенно отличаются от условий его работы в системе смазки компрессора. Поэтому поршневой компрессор не может достоверно моделировать работу поршневого дизеля.

2. Чем обоснован выбор минерального моторного масла «Lukoil Diesel oil» 10W-40 при проведении экспериментальных исследований, а не минерального масла марок М-8-Г₂ и М-10-Г₂, которые рекомендованы заводом-изготовителем двигателя Д-240? Почему для сравнительных ускоренных износных испытаний компрессоров берется синтетическое масло, а не минеральное, которое рекомендовано заводом-изготовителем?

3. В работе не представлены сведения о составе исследуемых моторных масел. К какой группе базовой основы относятся исследуемые моторные масла и какие присадки входят в состав минерального, полусинтетического и синтетического масел? Например, в диссертационной работе автора указывается, что исследуемое минеральное масло «Lukoil Diesel oil» 10W-40 не подвержено влиянию обработки ультразвуком, но неизвестно, как повлияет ультразвук на физико-механические свойства минерального масла других базовых групп.

4. Почему кинематическая вязкость моторного масла после обработки ультразвуком определялась при температурах 23 и 40 °С (табл. Б.13), а не при температуре 100 °С, регламентируемой ГОСТ 8581-78? Не приведет ли обработка ультразвуком к уменьшению кинематической вязкости ниже нормативного значения по ГОСТ 8581-78, т.к. это может способствовать снижению смазывающей способности моторного масла.

5. На с. 67 диссертации соискатель указывает, что оценивалось «конструктивное положение излучателя ультразвукового устройства относительно масла», но в работе не представлены данные по обоснованию расположения ультразвукового излучателя относительно уровня масла в картере компрессора и в испытательной камере машины трения 2070 СМТ-1М.

6. В диссертации отсутствуют расчетные показатели износа (линейный износ, интенсивность изнашивания и фактор износа) подвижных и неподвижных образцов пар трения, определяемые по формулам (3.15) - (3.17). В связи с этим, сравнить расчетные (теоретические) показатели износа пар трения «ролик - колодка» с экспериментальными данными на машине трения не представляется возможным.

7. Какова потребляемая мощность предлагаемого устройства для ультразвуковой обработки моторного масла?

8. На с. 123 диссертации автор отмечает, что мощность и частота ультразвуковых колебаний, подаваемых на пьезоэлектрический излучатель предлагаемого устройства, составляют соответственно 50 кВт и 43 кГц, тогда как в «Заключении» по диссертационной работе в пунктах 1 и 3 (с. 130-131) все результаты исследований приведены при обработке моторного масла ультразвуком мощностью сигнала 25 кВт и частотой излучения 17 кГц. За счёт чего обеспечивались такие пониженные значения мощности и частоты излучения в разработанном автором устройстве?

Предусмотрены ли в электрической схеме предлагаемого устройства для ультразвуковой обработки моторного масла регуляторы, позволяющие изменять мощность сигнала в пределах от 25 Вт до 50 Вт и частоту излучения от 17 кГц до 43 кГц? Возможно ли это технически в ультразвуковых устройствах с одним и тем же пьезоэлектрическим излучателем?

9. Почему при проведении ускоренных износных испытаний компрессоров на стенде обработка моторного масла осуществлялась ультразвуком с частотой 43 кГц, а при проведении износных испытаний на машине трения 2070 СМТ-1М – 17 кГц?

10. Из представленной на рисунке 5.1 схемы стенда для ускоренных испытаний компрессоров не ясно за счет чего обеспечивается подача исследуемого моторного масла из заливочного бачка в картер компрессоров. Это масло должно подаваться под давлением, т.к. в тракторе МТЗ-80/82 моторное масло для смазки деталей компрессора подается из главной магистрали двигателя Д-240 под давлением 0,25-0,35 МПа.

Кроме того, в процессе эксплуатации трактора МТЗ-80/82 в составе прицепного агрегата смазка деталей компрессора А29.01.000 осуществляется разбрызгиванием моторного масла, нагретого в масляной магистрали двигателя до температуры 85-95 °С. Однако, в конструкции стенда для ускоренных испытаний компрессоров не предусмотрен подогрев моторного масла до указанной рабочей температуры, что вносит определенные погрешности при оценке влияния ультразвука на физико-механические свойства масла и износ поршневых колец компрессора.

11. В разделе «Предложения производству» не ясно сформулированы рекомендации производству. Что конкретно автор рекомендует производству?

Апробация результатов диссертационной работы, публикация их в печати и соответствие автореферата содержанию диссертации

Основные положения диссертации в полном объеме отражены в опубликованных научных работах, прошли апробацию на научно-практических конференциях и известны научной общественности. Выполненный в рамках диссертационной работы проект отмечен Золотой медалью на XXIII Московском Международном Салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед-2020» (г. Москва, 2020 г.).

По результатам исследований опубликовано 14 работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых изданиях по Перечню ВАК, 1 статья в международной базе Scopus, 1 статья – в WoS, получен патент РФ на изобретение.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, а представленный в нем материал содержит основные результаты исследований, что позволяет оценить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Слюсарева Михаила Николаевича «Снижение износа агрегатов дизельных двигателей мобильной сельхозтехники ультразвуковой обработкой смазочных масел» является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические решения, имеющие важное значение для экономики страны и АПК России. Научный материал, содержащийся в диссертации соответствует паспорту специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве.

Отмеченные недостатки не снижают научную и практическую ценность выполненных исследований, диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Слюсарев Михаил Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве.

Официальный оппонент

д-р техн. наук, профессор,
старший научный сотрудник
ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии
Минобороны России»

Д.А. Уханов

01 сентября 2021 года

Подпись Д.А. Уханова удостоверяю



Сведения об оппоненте:

Уханов Денис Александрович доктор технических наук, профессор (научная специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве), старший научный сотрудник лаборатории квалификационной оценки топлив и масел для поршневых двигателей, Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации» (ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»).

Телефон: +7 (499) 141-55-15

Почтовый адрес: 121467, г. Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10

Тел. +7(499) 141-55-15; e-mail: 25gosniihim@mil.ru; веб-сайт: <http://mil.ru>