

АЛУШКИН Тимофей Евгеньевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ
С МАЛЫМ ОСТАТОЧНЫМ РЕСУРСОМ В НАПРЯЖЕННЫЕ
ПЕРИОДЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ**

05.20.03 – Технологии и средства
технического обслуживания в сельском хозяйстве

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВО Томский ГАСУ)

**Научный
руководитель**

доктор технических наук, доцент
Аметов Винур Абдурафиевич

**Официальные
оппоненты:**

Альт Виктор Валентинович,
доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», научный руководитель направления

Инсафудинов Самат Зайтунович,
кандидат технических наук, доцент, кафедра теплотехники и энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», доцент

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-уральский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится ____ июня 2016 г. в ____:00 ч на заседании диссертационного совета ДМ 220.003.04 при ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина», ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ, по адресу: 450001, г. Уфа, ул. 50 лет Октября, д. 34, ауд. 257/3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ» и на сайте http://www.bsau.ru/science/dissertation_council/d4/

Автореферат разослан _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.т.н., профессор

Мударисов
Салават Гумерович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Сроки выполнения работ в агропромышленном комплексе (АПК) достаточно часто жестко ограничены агротехнологическими требованиями, нарушение которых приводит к большим потерям урожая. В то же время известно, что основную работу на поле выполняет техника, зачастую обладающая малым остаточным ресурсом двигателей, имеющих не соответствующие требованиям нормативной документации мощностные и топливно-экономические показатели. Так, значительная часть (80...85 %) дизелей тракторов в эксплуатации не развивает установленной мощности и имеет повышенный расход топлива. В напряженные периоды сельскохозяйственных работ, требующих наиболее высоких эксплуатационных показателей тракторного парка, в первую очередь относящихся к почвообработке, посеву и уборке урожая, для обеспечения сжатых сроков технологических операций необходимо найти пути решения эффективного использования парка тракторов с малым остаточным ресурсом. Для решения этой важной задачи, которая характерна для зон с рискованным земледелием, обеспечивать указанные эксплуатационные показатели тракторов возможно путем сервисного вмешательства: применением модифицированного дизельного топлива с одновременным совершенствованием технического обслуживания (ТО) топливной аппаратуры (ТА).

В связи с изложенным, научные исследования и разработка новых технологий и средств технического обслуживания топливной аппаратуры дизелей, работающих на модифицированном топливе, является одной из актуальных и практически значимых задач современной инженерной науки по заявленной специальности.

Степень разработанности. Применение модифицированного топлива, как средства повышения эксплуатационных показателей парка тракторов с малым остаточным ресурсом, вызывает необходимость совершенствования технического обслуживания дизелей. Потенциальные возможности обеспечения мощностных и топливно-экономических показателей дизелей, работающих на модифицированном топливе, зависят от технического состояния топливной аппаратуры и качественного уровня ее ТО. Однако существующая нормативно-техническая документация (НТД) не учитывает возможность применения модифицированного топлива и связанные с этим изменения в технологии ТО ТА. Поэтому необходимо оценить влияние топлива, модифицированного присадкой, иницилирующей горение на мощностные и топливно-экономические показатели дизеля с малым остаточным ресурсом и на базе полученной информации разработать технологию ТО ТА.

Цель исследований. Повышение эксплуатационных показателей тракторов в напряженные периоды сельскохозяйственных работ применением модифицированного топлива и разработки установки и технологии технического обслуживания топливной аппаратуры.

Объект исследования. Процесс изменения эксплуатационных показателей тракторов при работе на модифицированном топливе.

Предмет исследования. Закономерности изменения тяговой мощности и топливной экономичности при работе трактора с малым остаточным ресурсом на модифицированном топливе.

Научная новизна:

– методика обеспечения заданных мощностных и топливно-экономических показателей тракторных дизелей с малым остаточным ресурсом на краткосрочный

период путем применения модифицированного топлива и совершенствования технического обслуживания топливной аппаратуры;

- способ применения модифицированного топлива для повышения эксплуатационных показателей тракторов при снижении остаточного ресурса в период напряженных сельскохозяйственных работ;
- закономерности влияния расчетной цикловой подачи топлива топливной аппаратуры на величину крутящего момента дизеля, работающего на модифицированном топливе.

Теоретическая и практическая значимость работы:

- рекомендации по использованию топлива, модифицированного присадкой, инициирующей горение, что обеспечивает прирост мощностных до 8,5 % и топливно-экономических показателей дизелей до 10,2 %;
- введение в регламент работ ТО ТА операции проверки величины цикловой подачи ТНВД, как показателя, напрямую влияющего на развиваемый крутящий момент дизеля (коэффициент корреляции между величинами составляет 0,959);
- предложена технология регулировки центробежного регулятора ТНВД, при работе тракторного дизеля на модифицированном топливе, позволяющая обеспечить величину максимальной частоты вращения на холостом ходе в требуемых пределах при снижении средней цикловой подачи до 20 мм³/цикл;
- облуживание топливной аппаратуры дизелей по разработанной технологии позволит поддержать их мощностные и топливно-экономические показатели на приемлемом уровне в периоды напряженных сельскохозяйственных работ. Экономический эффект от внедрения данной технологии в учебно-производственном хозяйстве Томского аграрного колледжа составил 30930 руб. за год.

Методология и методы исследования. Теоретические исследования проводились на основе термодинамического расчета двигателя внутреннего сгорания и численного математического моделирования процесса сгорания рабочей смеси модифицированного топлива в цилиндре дизеля. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и полевых условиях на стандартном оборудовании по в соответствии с требованиями стандартов. Результаты экспериментов обрабатывали с использованием пакета прикладных программ «Microsoft Office Excel 2013».

Публикации. По результатам исследований опубликовано 17 работ, в том числе 4 статьи в журналах, относящихся к перечню ВАК министерства образования и науки РФ для опубликования основных научных результатов, получен патент на полезную модель РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и рекомендаций, библиографического списка из 171 наименования, в том числе 2 на иностранном языке и восьми приложений. Объем работы составляет 184 страниц и включает в себя 25 таблиц, 49 рисунков.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность научных положений и результатов обеспечена использованием для анализа экспериментальных данных стандартных пакетов прикладных программ и подтверждена совпадением расчетных и экспериментальных данных. Основные научные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научно-технических конференциях студентов и молодых ученых (ТГАСУ, г. Томск) в 2010...2013 гг., межрегиональных научно-практических конференциях «Образование. Наука. Ин-

новации» (ТАК, г. Томск) в 2011, 2013 гг., на международных научно-практических конференциях «Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса» (Кузбасский ГТУ, г. Новокузнецк) в 2011..2013 гг., международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию кафедры «Тракторы и автомобили» (Башкирский ГАУ, г. Уфа) в 2013 г., на международной научно-практической конференции «Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики» (ТСХИ, г. Томск) в 2014 г., международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» (ЧГАА, г. Челябинск) в 2015 г., «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» (ТГУ, г. Томск) в 2013 году.

Материалы разработанной технологии ТО ТА, при работе тракторного дизеля на модифицированном топливе рассмотрены, одобрены и рекомендованы к внедрению секцией механизации и ресурсосбережения в сельскохозяйственном производстве научно-технического совета департамента по социально-экономическому развитию села Томской области в 2014 году.

Проект разработки мобильной установки награжден благодарственным письмом губернатора Томской области на выставке разработок молодых ученых U-NOVUS г. Томск, в 2014 году.

Вклад автора в проведенное исследование. Лично автором получены математические выражения, описывающие изменение индикаторного давления в цилиндре дизеля в зависимости от угла поворота коленчатого вала при применении модифицированного топлива. Проведены лабораторные исследования на обкаточно-тормозном стенде КИ-5543, безмоторном стенде КИ-22210 на основании результатов испытаний была разработана технология технического обслуживания топливной аппаратуры при работе тракторного дизеля на модифицированном топливе. Получены результаты полевых испытаний посевного агрегата в составе трактор МТЗ-82 с сеялкой СЗ-5,4.

Научные положения и результаты исследований, выносимых на защиту:

1. Обеспечение мощностных и топливно-экономических показателей дизелей комплексным применением модифицированного топлива и измененной технологией технического обслуживания их топливной аппаратуры на период напряженных сельскохозяйственных работ;
2. Зависимости эффективных показателей работы дизелей при применении присадки инициирующей сгорание от его наработки, состояния и регулировочных параметров топливной аппаратуры;
3. Технология технического обслуживания топливной аппаратуры дизелей при работе на модифицированном топливе. Рекомендации производству.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выполненной работы, дано ее краткое содержание, сформулирована цель работы, объект и предмет исследования, научная гипотеза и новизна, основные положения, выносимые на защиту, практическая ценность.

В первой главе «Состояние вопроса и задачи исследования» проанализирована роль технического обслуживания в эффективном использовании сельскохозяйственной техники, рассмотрены процессы организации и проведения технического обслуживания топливной аппаратуры тракторных дизелей.

Большой вклад в разработку системы технического обслуживания (ТО) внесли ученые ГОСНИТИ, ЧИМЭСХ (ЮУрГАУ), БГАУ, СибИМЭ, НАТИ, ИрГСХА, НГАУ, а также других организаций.

Вопросы обеспечения и проведения ТО топливной аппаратуры дизелей отражены в работах Ачкасова К.А., Баширова Р.М., Габитова И.И., Кривенко П.М., Попова В.Я., Селиванова А.И., Файнлейба Б.Н. и др.

В работе дан анализ состояния дел в области работоспособности дизельной топливной аппаратуры. Охарактеризовано влияние отклонения технического состояния топливной аппаратуры на эксплуатационные параметры дизелей. Так, по результатам исследований центральной машиноиспытательной станции, установлено, что более трети автотракторных двигателей, достигших наработки 3000 моточасов, имеют техническое состояние, выходящее за пределы допуска. Одной из главных причин ускоренного достижения предельного состояния тракторных и комбайновых дизелей являются нарушения параметров работы ТА.

Из анализа статистики отказов и отклонений параметров ТА в эксплуатации, представленных в работах Ашишина А.А., Гурина Т.Ю., Кривенко П.М., Медникова И.М., Мылова А.А., А.В. Шишова и др., выявлено влияние этих отклонений на изменения мощностных и топливно-экономических характеристик дизелей. Показано, что изменения указанных характеристик приводит к снижению производительности, перерасходу топлива и простоям техники. Исследованиями, проведенными в ГОСНИТИ, также установлено, что решающее влияние на изменение эксплуатационных параметров дизелей оказывает именно техническое состояние ТА. Данные Шарифуллина С.Н. указывают, что 60 % всех отказов ТА приходится на топливные насосы высокого давления (ТНВД). Анализ данных, представленных в работе Филимоновой О.Н. и Варнакова Д.В. показал, что основная доля отказов в ТНВД приходится на прецизионные узлы, которые можно отнести к критическим по надежности. Аналогичный вывод дается в исследованиях Перепелицына М.Г., Кривенко П.М., Ждановского Н.С., Николаенко А.В. Так, исследования Ждановского Н.С., Николаенко А.В. подтверждают значительные отклонения основных регуляторов топливной аппаратуры от нормальных установочных значений в эксплуатации и их влияние на износ деталей цилиндропоршневой и шатунной групп кривошипно-шатунного механизма двигателя. Установлено, что даже незначительные отклонения таких параметров, как угол опережения впрыска топлива, величина цикловой подачи и давления впрыска топлива форсункой вызывает форсированный износ деталей двигателя. При этом наблюдается низкая надежность прецизионных деталей ТА, а наработка на отказ отдельных ее элементов в эксплуатации составляет лишь 55,7 ... 68 % от требований НТД.

По данным Шекихачева Х.П. в России 32 % предприятий АПК не имеют достаточной материально-технической базы обслуживания и ремонта машин. Обеспеченность ремонтных предприятий и хозяйств средствами ремонтно-технического обслуживания по стендам для испытаний узлов и агрегатов – 38 %. В этой связи существует потребность в технологическом оборудовании для эксплуатирующих организаций.

Согласно данным ГОСНИТИ при достижении предельных износов по цилиндропоршневой группе снижение мощности тракторного двигателя не превышает 5 %. Учитывая это, произведен анализ перспективных методов и технологий обес-

печения мощностных и топливно-экономических показателей тракторных дизелей. К числу наиболее мало затратных технологий относится применение модифицирующих присадок и добавок в моторное топливо, применение которых позволяет обеспечивать требуемые показатели техники.

По данным Бельских В.И. известно мобильное оборудование для ТО ТА с возможностью его применения, в том числе в полевых условиях (стенды КИ-4802, КИ-4818, КИ-4890 и т.д.). Ввиду этого, создание и совершенствование мобильного оборудования, следует считать перспективным направлением.

На основании выполненного анализа **сформулированы задачи исследования:**

1. Выявить и оценить закономерности влияния модифицированного топлива и состояния топливной аппаратуры на эксплуатационные показатели тракторов.
2. Разработать технологию технического обслуживания топливной аппаратуры дизеля с учетом применения модифицированного топлива и обосновать параметры, режимы работы и требования к установке для реализации технологии.
3. Разработать установку для реализации прилагаемой технологии ТО ТА.
4. Подготовить рекомендации производству. Обосновать выбор типа присадки и ее концентрации для модифицирования дизельного топлива при обеспечении мощностных и топливно-экономических показателей дизеля. Провести производственную проверку основных результатов исследований и оценить их ожидаемую эффективность.

Во второй главе «Теоретические основы механизма действия присадки инициирующей горение» представлен анализ существующих способов модифицирования топлива, которые укрупненно можно разделить на три: 1. Реагентный (использование присадок и добавок); 2. Безреагентный (воздействия полями, ультразвуком и т.д.); 3. Комбинированное. Для реализации был выбран реагентный способ, поскольку является наиболее легкорезализуемым. Согласно классификации профессора Данилова А.М. для реализации поставленной цели наиболее подходят присадки-модификаторы, улучшающие самовоспламеняемость топлива, инициаторы и катализаторы горения. Для поддержания мощностных и топливными показателями дизелей в эксплуатации наиболее подходящими являются два последних вида присадок. Так как катализаторы горения, как правило, содержат металлосодержащие соединения, не рекомендуемые к применению, то предпочтение было отдано присадкам, инициирующим горение. На основании предъявляемых требований к присадке для исследований была выбрана инициирующая присадка Bio petro improver (BPI). Исследования химического состава присадки методами хроматографии позволили сделать вывод о преобладании в ней соединений бибензола (нафталина).

На основании данных исследований химического состава присадки BPI, представлено термохимическое обоснование механизма ее действия. Теоретически доказано, что прирост мощностных и топливно-экономических показателей дизеля происходит за счет роста энергии Гиббса при сгорании модифицированной топливоздушная смеси.

При проведении термодинамического анализа процесса сгорания, с учетом данных профессора Орлина А.С. был сделан вывод о том, что применение инициирующей присадки BPI в дизельном топливе приводит к увеличению мощностных и топливно-экономических показателей из-за возрастания степени предварительного расширения при изобарном подводе теплоты.

По результатам численного математического моделирования была построена диаграмма рабочего процесса дизеля 4Ч 11,0/12,5 при различных исходных данных (рисунок 1).

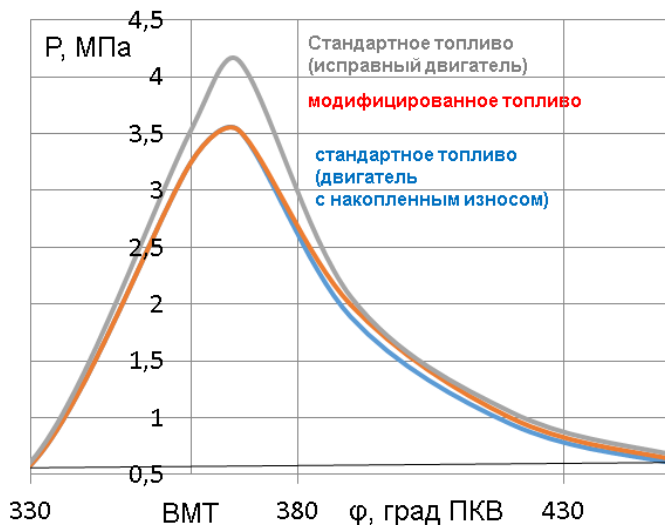


Рисунок 1. Зависимость индикаторного давления в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 от угла поворота коленчатого вала

Используя методы системного анализа, установлено, что увеличение степени предварительного расширения при изобарном подводе теплоты происходит от изменения величин давления и температуры в конце такта выпуска.

Используя методику профессора Брозе Д.Д. были смоделированы диаграммы тепловыделения и интенсивности тепловыделения, что позволило установить прирост указанных показателей на 5,33 % и 9,26 % соответственно на периоде наиболее интенсивного горения.

Для оценки влияния применения модифицированного топлива на эксплуатационные показатели трактора было произведено численное моделирование тяговой характеристики посевного агрегата в составе трактор МТЗ-82 с сеялкой СЗ-5,4 при работе трактора на стандартном и модифицированном топливе. Поскольку рекомендуемыми скоростями для работы посевного агрегата является диапазон 7...14 км/ч, расчет производился для III, IV, V и VI передач трактора (рисунок 2).

По результатам расчета выявлено повышение тяговой мощности трактора при его работе на модифицированном топливе до 13,47 % и, за счет этого, расширение скоростного диапазона работы агрегата на IV передаче. Повышение производительности посевного агрегата достигается на 13,36 % за счет возрастания скорости движения агрегата.

Для проверки адекватности результатов полученных теоретических исследований был выбран ряд эффективных показателей дизеля для последующего сравнения с экспериментальными данными (см. таблицу 1).

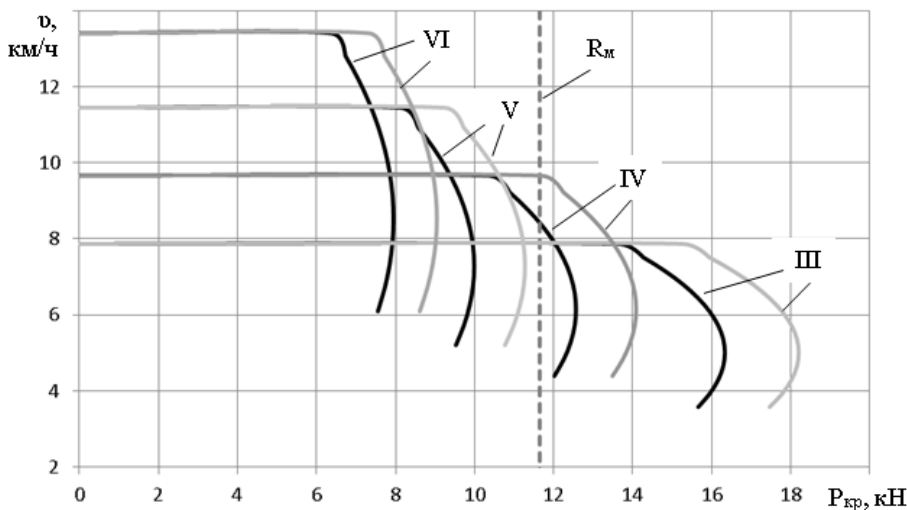


Рисунок 2. Тяговая характеристика трактора МТЗ-82 на III, IV, V, VI передачах: R_m – сила сопротивления сеялки. Черным цветом указаны зависимости без применения модифицированного топлива, серым – с применением модифицированного топлива

Третья глава «Методики экспериментальных исследований» содержит методику исследований, применяемую измерительную аппаратуру и оборудование, исходные данные. Исследования проведены на двигателе 4 Ч 11,0/12,5, установленном на обкаточно-тормозном стенде КИ-5543. Общий объем испытаний составил 60 моточасов, что позволило многократно подтвердить полученные данные экспериментов. В качестве измерительной аппаратуры использовались весовая головка стенда марки КИ-5543, электронный тахометр ТЭСА, манометр МТП-160, весы ВНЦ, секундомер «Агат», барометр БР-52, гигрометр психометрический ВИТ-1, термометр П-5. Весь объем стендовых испытаний был разделен на циклы: 1. Цикл прогрева двигателя; 2. Стандартный цикл нагружения; 3. Цикл снятия параметров двигателя. Стандартный цикл нагружения имел следующие параметры: Частота вращения коленчатого вала – 1620...1640 мин⁻¹; Показания силоизмерительного устройства – 215...235 Н (22...24 кгс); Температура охлаждающей жидкости – 353...363 К (80...90 °С); Давление в системе смазки двигателя – 0,27...0,31 МПа (2,8...3,2 кгс/см²).

Стендовые испытания ТА выполнены на базе стендов КИ-22210-02МС и КИ-562. Моделирование зависимостей цикловой подачи ТА на стенде КИ-22210-02МС выполнялось на режиме внешней регуляторной характеристики ТНВД. Всего испытаниям подверглась серия из 10 отремонтированных комплектов ТА для двигателя 4Ч 11,0/12,5. Для каждого комплекта было произведено не менее 12 измерений на регуляторной характеристике ТНВД.

Эксплуатационные испытания проводились на посевном агрегате в составе трактор МТЗ-82 с сеялкой СЗ-5,4. В качестве измерительных приборов использовались механический динамометр ДПУ-2-2 и объемный расходомер ЯУQ-1.

Все стандартные средства измерений (ССИ) соответствовали требованиям ГОСТ 18509-88 по точности и допустимой погрешности. ССИ прошли плановую

поверку с целью подтверждения своих характеристик. Нестандартные средства измерений были протарированы с помощью соответствующих эталонных приборов.

Четвертая глава «Результаты экспериментальных исследований». Испытания проводились на дизеле с накопленным износом, на котором на первом этапе были сняты внешняя скоростная и нагрузочная характеристики на стандартном дизельном топливе. По результатам испытаний установлено, что испытуемый двигатель обладает эффективной мощностью на номинальном режиме в 43,5 кВт и максимальным крутящим моментом 235 Н·м при полностью работоспособной ТА. Снижение показателей по сравнению с нормативными составило до 21 % для эффективной мощности и до 14,5 % для эффективного крутящего момента. Снижение мощностных показателей обусловлено общим износом механизмов двигателя, большим количеством отложений нагара, что подтвердили результаты эндоскопирования цилиндров.

Согласно требованиям технического регламента таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» долевое содержание в топливе ароматических углеводородов существенно ограничивается. По этой причине было принято решение о добавлении в испытуемое стандартное дизельное топливо минимальных концентраций присадки инициирующей горение ВРІ. Исходя из этого, на втором этапе испытаний в топливо была добавлена присадка в концентрации 0,2 г/л. На рисунке 2 представлены результаты снятия эффективной мощности двигателя на режиме внешней скоростной характеристике для окончания адаптационного периода, т.е. период работы на котором обнаруживался видимый прирост мощностных параметров, со стабилизацией мощностных показателей. Максимальные величины прироста, полученные при снятии внешней скоростной характеристики для эффективной мощности, составили 8,5 %, для крутящего момента 8,2 %. Достигнуто снижение величины удельного эффективного расхода топлива до 10,2 %.

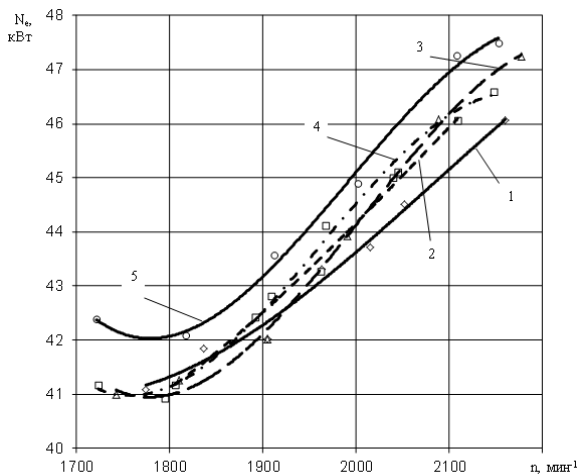


Рисунок 2. Зависимость эффективной мощности от частоты вращения коленчатого вала дизеля на топливе, модифицированном присадкой в концентрации 0,2 г/л при разных наработках: 1– 2 моточаса; 2 – 4 моточаса; 3 – 8 моточасов; 4 – 10 моточасов; 5 – 13 моточасов

Сравнение результатов расчетных и экспериментальных исследований с оценкой относительного отклонения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение расчетных и экспериментальных исследований

Наименование параметра и его размерность	Обозначение показателя	Расчет	Эксперимент	Δ , %
Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин ⁻¹	n	2200	2153	2,136
Среднее эффективное давление, МПа	p_e	0,543	0,557	2,5
Часовой расход топлива, кг/ч	G_T	12,01	11,61	3,3
Эффективная мощность, кВт	N_e	47,33	47,49	0,3
Крутящий момент, Н·м	M_k	205,45	210,7	2,5
Удельный эффективный расход топлива, г/кВт·ч	g_e	255,7	244,5	4,3

После окончания периода адаптации, дизель был переведен на топливо с содержанием присадки 0,1 г/л. После указанного перехода с течением наработки наблюдалось плавное снижение и стабилизация регистрируемых показателей. Максимальное снижение эффективных показателей было достигнуто после наработки в 57 моточасов (рисунок 3, 4)

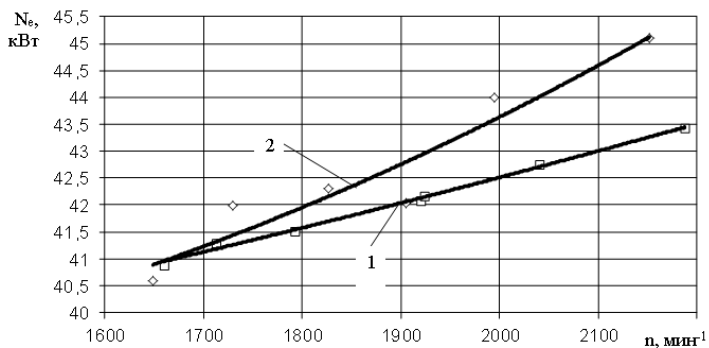


Рисунок 3. Зависимость эффективной мощности от частоты вращения коленчатого вала в режиме внешней скоростной характеристики: 1 – базовая зависимость; 2 – зависимость, при наработке 57 моточасов на модифицированном топливе с содержанием присадки 0,1 г/л

Для показателей эффективной мощности и крутящего момента на режиме внешней скоростной характеристики увеличение составило до 4,4 % и до 4,5 %, соответственно. Прирост обоих параметров наблюдался по мере увеличения частоты вращения коленчатого вала. Для удельного эффективного расхода топлива снижение составило 1,42...3,73 % от исходного (рисунок 4).

Исследования на режиме нагрузочной характеристики проводились во всем временном диапазоне исследований. Испытания присадки инициирующей горение, проведенные на режиме нагрузочной характеристике, позволили определить зако-

номерности изменения топливной экономичности на частичных нагрузках. При применении топлива в концентрации присадки 0,1 г/л снижение удельного эффективного расхода топлива для минимальных нагрузках достигает 11,8 %. В режиме нагрузок, близких к максимальным – 15 %.

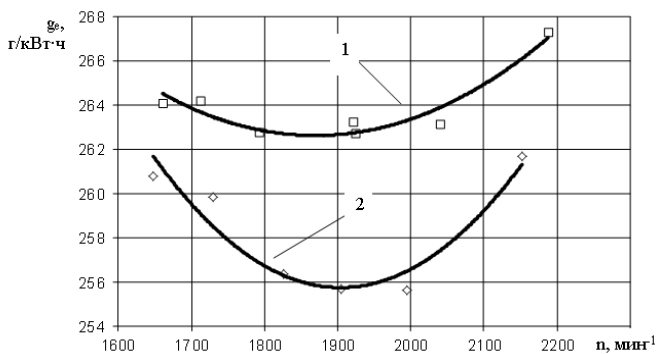


Рис. 4. Зависимость удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала в режиме внешней скоростной характеристики: 1 – базовая зависимость; 2 – зависимость, при наработке 57 моточасов на модифицированном топливе с содержанием присадки 0,1 г/л

Проведенные исследования позволили получить зависимости цикловой подачи топлива от развиваемого крутящего момента двигателя (рисунок 5).

По результатам анализа зависимости на рис. 5 предложено ее использование в качестве диагностического параметра при испытаниях дизелей на обкаточно-тормозных стендах.

Полученная на рисунке 5 зависимость адекватно описывается линейным уравнением, со значением коэффициента корреляции равным 0,959, вида

$$M_e = 4,0126q'_{ц} - 18,415, \quad (1)$$

где M_e – эффективный крутящий момент двигателя, Н·м; $q'_{ц}$ – цикловая подача топлива, мм³/цикл.

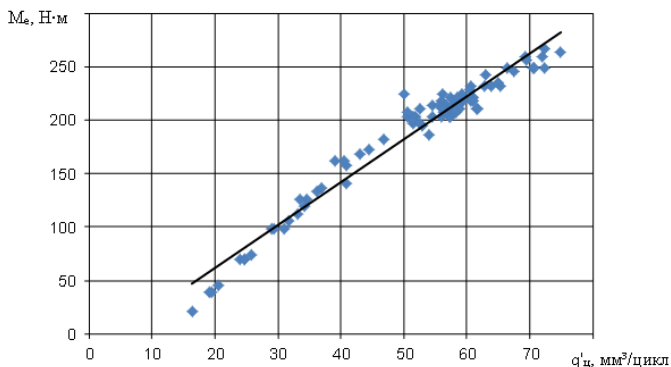


Рисунок 5. Зависимость крутящего момента двигателя от цикловой подачи топлива

По результатам полученных исследований, разработаны рекомендации по внесению изменений в технологию регулировки цикловой подачи топливной аппаратуры с учетом применения модифицированного топлива. Данные рекомендации легли в основу разработанной технологии технического обслуживания.

Разработка технологии ТО строилась на основе разработок ГОСНИТИ, Башкирского ГАУ и данных собственных экспериментов. Для уточнения технологии работ ТО ТА проведены исследования показателей ТА при испытаниях на режиме внешней регуляторной характеристики. Результаты испытаний отремонтированных комплектов ТА, указанные параметры соответствовали НТД, показали недостаточную идентичность кривых внешней регуляторной характеристики ТНВД испытуемых комплектов ТА. Для обеспечения требуемого качества ТО разработана методика графического построения внешней регуляторной характеристики ТНВД, заключающаяся в построении зависимостей цикловой подачи топлива от частоты вращения кулачкового вала ТНВД.

Для обоснования рекомендации по выбору оптимальной частоты вращения кулачкового вала при регулировании ТНВД для достижения наименьшего значения коэффициента неравномерности подачи топлива по секциям были исследованы закономерности изменения параметра в зависимости от оборотов кулачкового вала ТНВД. Результаты исследований позволили составить практические рекомендации. Регулировка равномерности подачи для ТА серии 4УТНМ, по критерию трудоемкости, должна проводиться в диапазоне частоты вращения кулачкового вала ТНВД 600...800 мин⁻¹.

Прототипом проектируемой установки для проведения работ по ТО ТА послужил топливомер КИ-4818 ГОСНИТИ. Конструкция топливомера позволяет определять производительность насосных элементов и неравномерность подачи топлива непосредственно на тракторе. Технология ТО предусматривает проверку указанных параметров при номинальной частоте вращения коленчатого вала дизеля. Сама технология испытаний на этом оборудовании этого довольно трудоемка. Вдобавок у описываемой технологии нет возможности замера цикловой подачи топлива, а определение частоты вращения коленчатого вала предполагает использование номограммы. При разработке учитывалось, что конструкции дизеля 4Ч 11,0/12,5, не позволяет выполнять регулировочные операций ТНВД непосредственно на двигателе, поскольку невозможно провести указанные операции без снятия насоса с двигателя.

На основе этого, разработана конструкция опытной мобильной установки – СМТА-01 (стенд мобильный для испытаний топливной аппаратуры, модель 1), в которой реализовано применение ступенчатого привода ТНВД и возможность использования ее для ремонта прецизионных узлов ТА при помощи ремонтно-восстановительных составов. Разработано «Руководство по эксплуатации установки СМТА-01 с подробным описанием процесса технического обслуживания ТА.

Разработан комплект технологических карт на проверку работоспособности нагнетательных клапанов и плунжерных пар, проверку и регулировку топливоподкачивающего насоса и перепускного клапана, форсунок и ТНВД для разработанной установки.

Разработана принципиальная схема установки. С учетом возможностей ее внедрения, разработана конструкция, подобраны параметры узлов привода, произведена

компоновка составных частей (рисунок 6).

Проектирование опытной установки для ТО ТА и ее блока управления выполнялось с учетом разработанной технологии. На основе требований, предъявляемых к испытательному оборудованию для ТА дизелей уточнен выбор контролируемых параметров, основных технических характеристик установки, определена структурная схема прибора управления и счета оборотов ПУиСО-01 для установки.

Применение разработанной технологии ТО ТА реализуется в рамках проведения работ ТО-3, то есть предлагаемая технология не нарушает существующую систему технического обслуживания тракторов в сельском хозяйстве, а дополняет ее с учетом современных условий.



Рисунок 6. Установка для испытания и технического обслуживания топливной аппаратуры СМТА-01: 1 – Электродвигатель; 2 – Коробка передач; 3 – Комплект топливной аппаратуры; 4 – Прибор ПУиСО-01

Проверка и отработка технологии ТО ТА выполнена в учебно-производственном хозяйстве Томского аграрного колледжа с. Кузовлево Томской области. Специализация – растениеводческое хозяйство и молочная ферма КРС. Общая посевная площадь 250 га. Состав МТП: 5 МТЗ-82; МТЗ-1025; ДТ-75М; ХТЗ-17221; зерноуборочные комбайны Енисей-1200НМ и Енисей 958; кормоуборочный комбайн КСК-600 «Полесье».

Полевые испытания проводились по методике активного неполнофакторного эксперимента по двухуровневому плану второго порядка Бокса-Бенкина (рисунок 7). Опыты проводились в два этапа. На первом этапе использовался трактор МТЗ-82 работающий на стандартном дизельном топливе. На втором этапе использовался трактор МТЗ-82 работающий на модифицированном топливе с концентрацией присадки 0,1 г/л и отрегулированной топливной аппаратурой согласно разработанной технологии. По результатам полевых испытаний доказано увеличение тяговой мощности до 10,7 % и топливной экономичности до 12,49 %. Максимальное повышение условного тягового КПД трактора составляет 0,0258.

В пятой главе «Оценка экономического эффекта» произведен анализ потребления дизельного топлива всех сельскохозяйственных товаропроизводителей Том-

ской области, приведен расчет экономии денежных средств на территории области при внедрении разработанной технологии ТО. Произведены расчеты фактического экономического эффекта от внедрения технологии ТО и мобильной установки для проведения испытаний и ТО ТА и использовании присадки иницирующей горение в дизельное топливо для сельскохозяйственного предприятия.

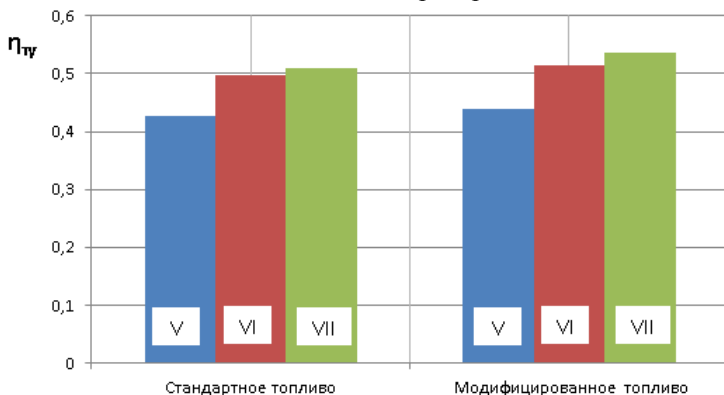


Рисунок 7. Результаты расчета максимальных тяговых КПД трактора МТЗ-82 на различных передачах в агрегате с сеялкой СЗ-5,4 при работе на стандартном и модифицированном топливе, на поле, подготовленном под посев

Расчет экономического эффекта от внедрения технологии ТО ТА при работе на модифицированном топливе получен за счет уменьшения объемов потребляемого дизельного топлива и сохранения денежных средств, предназначенных для оплаты услуг по настройке ТА в сторонней организации. Для расчета экономического эффекта рассмотрен парк тракторов МТЗ-82. Расчеты показывают, что годовой эффект от внедрения технологии ТО, с учетом окупаемости мобильной установки в первый год, составляет 6186 руб. на один трактор.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При использовании модифицированного топлива для устранения склонности выхода работающего дизеля 4С 11,0/12,5 на режим работы с превышением максимальной частоты вращения коленчатого вала, при работе на холостом ходе, необходимо уменьшить величину цикловой подачи в стендовых условиях на указанном режиме, до величины 20 мм³/цикл или менее.

2. Регулировка неравномерности подачи топлива при стендовых испытаниях насосов 4УТНМ производится в диапазоне частоты вращения кулачкового вала 600...800 мин⁻¹.

3. Дополнить регламент работ ТО-3 по ГОСТ 20793-2009 операцией контроля величины средней цикловой подачи топливной аппаратуры на следующих режимах: пусковом, частоты вращения кулачкового вала соответствующей минимально устойчивой работе двигателя, максимального крутящего момента, номинальном и режиме максимальной частоты вращения холостого хода.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Для повышения эффективности использования парка тракторов с малым остаточным ресурсом перспективно применение дизельного топлива, модифицированного присадкой иницирующей сгорание ВРІ. Теоретическими расчетами установ-

лено, что применение данной присадки обеспечивает увеличение тяговой мощности трактора до 13,47 %. Увеличение сменной производительности с учетом возрастания рабочей скорости движения машинно-тракторного агрегата составляет 13,36 %.

2. Выявлены закономерности влияния присадки инициирующей горение на мощностные и топливно-экономические показатели дизеля. Максимальные величины прироста, достигнутые при снятии внешней скоростной характеристики, для эффективной мощности составили 8,5 %, для крутящего момента – 8,2 %. Достигнуто снижение величины удельного эффективного расхода топлива до 10,2 %. Наибольшее отклонение теоретических расчетных и экспериментальных данных составило 4,3 %. Обоснована необходимость совершенствования технологии технического обслуживания топливной аппаратуры в связи с применением модифицированного дизельного топлива.

3. Разработана технология технического обслуживания топливной аппаратуры тракторного дизеля при применении модифицированном топлива, позволяющая обеспечивать поддержание эксплуатационных показателей парка тракторов с малым остаточным ресурсом. Применение разработанной технологии позволило обеспечить дополнительное увеличение тяговой мощности до 10,7 % и топливной экономичности до 12,49 % в эксплуатации при работе на модифицированном топливе. Установлено увеличение сменной производительности за счет увеличения рабочей скорости машинно-тракторного агрегата до 14,54 %. Максимальное повышение условного тягового КПД трактора составляет 0,0258. Для реализации технологии разработан опытный образец мобильной установки (прототип – топливомер КИ-4818) позволяющий выполнять операции технического обслуживания топливной аппаратуры.

4. Экономический эффект от внедрения мобильной установки для проведения технического обслуживания топливной аппаратуры, при работе на дизельном топливе, модифицированном присадкой инициирующей горение, составляет для тракторов типа МТЗ-82 6186 руб./год на один трактор.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ

Публикации в ведущих изданиях, рецензируемых ВАК:

1. Алушкин, Т.Е. Модельная установка для испытаний дизельной топливоподающей аппаратуры автотракторных двигателей / В.А. Аметов, М.Н. Брильков, Т.Е. Алушкин // Вестник КузГТУ. – Кемерово. – № 2. – 2012. – С. 101-104.

2. Алушкин, Т.Е. Технология технического обслуживания топливной аппаратуры при работе на модифицированном топливе / Т.Е. Алушкин, А.В. Зубрицкий, В.А. Аметов // Вестник НГАУ. – Новосибирск. – № 2. – 2014. – С. 132-138.

3. Алушкин, Т.Е. Снижение затрат на дизельное топливо / Т.Е. Алушкин, А.П. Миков, Р.Г. Бердникова // Сельский механизатор. – М. – № 3. – 2015. С. 20-21.

4. Алушкин, Т.Е. Результаты испытаний трактора МТЗ-82 в агрегате с зерновой сеялкой СЗ-5,4 при работе на модифицированном топливе / Т.Е. Алушкин, А.М. Криков, Р.Г. Бердникова // Вестник БГАУ. – Уфа - № 1. – 2016. С. 69-73.

Патент на полезную модель:

5. Установка для испытания, регулировки и ремонта топливной аппаратуры дизелей: пат. 130349 Рос. Федерация № 2012144980/06 / В.А. Аметов, Н.И. Имманалиев, А.В. Кулаев, Т.Е. Алушкин, А.В. Зубрицкий; заявл. 22.10.2012; опубл. 20.07.2013,

Публикации в других журналах и научных изданиях:

6. Алушкин, Т.Е. Проектирование мобильной установки для испытаний и регулировок ТНВД тракторных двигателей / А.В. Ярлыков, Т.Е. Алушкин // Образование. Наука. Инновации: Сб. материалов межрегиональной научно-практической конференции. – Томск, 2011. – С. 76-78.

7. Алушкин, Т.Е. Обеспечение надежности топливоподающей аппаратуры дизельных двигателей // Образование. Наука. Инновации: Сб. материалов межрегиональной научно-практической конференции. – Томск, 2011. – С. 50-52.

8. Алушкин, Т.Е. Мобильная установка для экспресс-диагностики, ТО и ремонта топливной аппаратуры дизелей / Т.Е. Алушкин, В.А. Аметов // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: Материалы I Международной научно-практической конференции. – Новокузнецк, 2011. – С. 46-48.

9. Алушкин, Т.Е. Совершенствование технического обслуживания топливной аппаратуры дизелей на базе мобильной установки / Т.Е. Алушкин, О.В. Вейсгейм, В.А. Аметов // Материалы 57-й научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – Томск, 2011. – С. 360-362.

10. Алушкин, Т.Е. Влияние модифицированного топлива на эффективные показатели автотракторного дизеля Д-240 / Т.Е. Алушкин, В.А. Аметов, А.В. Зубрицкий // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: Материалы II международной научно-практической конференции. – Новокузнецк, 2012. – С. 296-299.

11. Алушкин, Т.Е. Исследование параметров топливной аппаратуры дизелей при снятии регуляторной характеристики / Т.Е. Алушкин, В.С. Факеев // Материалы 58-й научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – Томск, 2013. – С. 111-114.

12. Алушкин, Т.Е. Исследование влияния присадки ВРІ на технико-экономические показатели двигателя Д-240 / А.В. Ламинский, Т.Е. Алушкин // Образование. Наука. Инновации: Сб. материалов областной студенческой научно-практической конференции. – Томск, 2013. – С. 38-42.

13. Алушкин, Т.Е. Увеличение топливной экономичности дизелей совершенствованием системы технического обслуживания / Т.Е. Алушкин, А.В. Зубрицкий, В.А. Аметов // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: Материалы III международной научно-практической конференции. – Новокузнецк, 2012. – С. 111-115.

14. Алушкин, Т.Е. Исследование закономерностей изменения параметров дизелей наземных транспортных средств при работе на модифицированном топливе / В.А. Аметов, Т.Е. Алушкин, А.В. Зубрицкий, Г.В. Маслюков // Совершенствование конструкции, эксплуатации и технического сервиса автотракторной и сельскохозяйственной техники: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию кафедры «Тракторы и автомобили» ФГБОУ ВПО БашГАУ. – Уфа, 2013. – С. 3-7.

15. Алушкин, Т.Е. Совершенствование системы технического обслуживания топливной аппаратуры дизелей // Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики: сборник научных трудов по материалам II-ой Международной научно-практической конференции. – Новосибирск: НГАУ, 2014. –

С. 7-10.

16. Алушкин, Т.Е. Повышение эффективности использования тракторного парка Томской области // Достижения науки – агропромышленному производству: материалы LIV международной научно-технической конференции. – Челябинск: ЧГАА, 2015. – Ч. III. – С. 186-190.

17. Алушкин, Т.Е. Необходимый уровень технического обеспечения // Сборник материалов и докладов первого агрономического собрания Томской области. – Томск: Департамент по социально-экономическому развитию села Томской области, 2016. – С. 60-64.

Формат 60×84. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.
Науч.-изд. л. 1 Тираж 100 экз. Заказ № 215
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15