

На правах рукописи



Алушкин Тимофей Евгеньевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННО-
ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТОПЛИВА
С МОДИФИКАТОРОМ**

05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск 2018

Работа выполнена на кафедре агроинженерии в Томском сельскохозяйственном институте – филиале Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»

Научный руководитель

Аметов Винур Абдурафиевич

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры автомобилей и тракторов
ФГБОУ ВО «Томский государственный
архитектурно-строительный университет»

**Официальные
оппоненты:**

Старцев Андрей Васильевич,

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры экономики и финансов
ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный
аграрный университет»

Кулманаков Сергей Павлович,

кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры двигателей внутреннего сгорания
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» (ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья)

Защита диссертации состоится 13 декабря 2018 г. в 13 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.004.02 при ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» по адресу: 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, тел/факс +7 (3852) 36-71-29, официальный сайт: <http://www.altstu.ru>; электронный адрес: epb_401@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» и на сайте <https://www.altstu.ru/structure/unit/odia/scienceevent/3758/>

Автореферат разослан ____ октября 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Куликова Лидия Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Сроки выполнения работ в агропромышленном комплексе достаточно жестко ограничены агротехнологическими требованиями, нарушение которых приводит к существенным потерям урожая. Исследованиями установлено, что в Томской области из-за неуклонного сокращения тракторного парка наблюдается превышение допустимой погектарной нагрузки на единицу техники. Кроме того, в условиях рядовой эксплуатации до 85 % тракторных дизелей не развивают установленной мощности и имеют повышенный расход топлива. В сложившихся условиях необходимо найти пути эффективного использования имеющегося парка тракторов и обеспечить установленные сроки проведения сельскохозяйственных работ. Решение этой важной народнохозяйственной задачи, которая особенно актуальна для зон рискованного земледелия, возможно путем применения топлива с модификатором, что позволит достичь заявленной мощности и топливной экономичности тракторного двигателя и, как следствие, обеспечить требуемую производительность машинно-тракторных агрегатов (МТА).

Таким образом, научные исследования и разработка новых технологий, направленных на повышение эффективности использования сельскохозяйственных МТА, работающих на топливе с модификатором, является актуальной и практически значимой задачей современной науки по заявленной специальности.

Степень разработанности темы. Вопросам повышения эффективности использования машин в сельском хозяйстве на основе применения альтернативных топлив и модифицирования топливо-смазочных материалов посвящены работы Володько О.С., Иншакова А.П., Карнаухова В.Н., Новопашина Л.А., Ольховацкого А.К., Перепелицына М.Г, Старцева А.В., Уханова А.П. и многих других.

Основными направлениями повышения эффективности применения МТА путем применения альтернативных топлив и модифицирования топливо-смазочных материалов являются:

- 1) снижение удельных энергетических затрат на обработку единицы площади при механизации производственных процессов в растениеводстве;
- 2) повышение экологической безопасности за счет снижения вредных выбросов отработавших газов тракторных двигателей.

Цель исследования – повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов путем обеспечения работоспособности двигателей сельскохозяйственных тракторов за счет применения топлива с модификатором.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Обосновать выбор модификатора и его концентрацию, обеспечивающих работоспособность двигателей сельскохозяйственных тракторов путем поддержания их мощностных показателей. Вскрыть механизм действия модификатора и его влияние на рабочий процесс двигателя.
2. Разработать математическую модель суммарных эксплуатационных затрат на проведение полевых работ, позволяющую учесть повышение производительности машинно-тракторных агрегатов при применении модификатора топлива.
3. Разработать экспериментальную установку, провести лабораторные испытания двигателя 4Ч 11/12,5 и внести изменения в регулировочные показатели топливной аппаратуры.
4. Провести производственную проверку основных результатов исследова-

ний. Оценить эффективность применения модифицированного топлива в сельском хозяйстве. Подготовить рекомендации производству.

Объект исследования: процесс изменения мощностных показателей двигателей сельскохозяйственных тракторов при использовании топлива с модификатором.

Предмет исследования: закономерности, определяющие взаимосвязь эффективности использования машинно-тракторных агрегатов с обеспечением работоспособности двигателей сельскохозяйственных тракторов тягового класса 1,4 путем поддержания их установленной мощности за счет применения топлива с модификатором.

Научная гипотеза: применение топлива с модификатором приведет к повышению эффективности использования сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов за счет поддержания установленной мощности тракторных двигателей, улучшения их топливной экономичности и экологических показателей, что, в конечном итоге, приведет к уменьшению затрат на их эксплуатацию.

Научная новизна и теоретическая значимость:

- установлены закономерности, учитывающие влияние недостатка установленной мощности двигателя на эффективность использования машинно-тракторных агрегатов;

- установлены закономерности, позволяющие оценить влияние модифицированного топлива на изменение мощностных и топливно-экономических показателей дизельных двигателей машинно-тракторных агрегатов;

- определен рациональный состав топлива с модификатором и обосновано изменение параметров регулировки топливной аппаратуры для дизельного двигателя 4Ч 11/12,5, позволяющие обеспечить работоспособность двигателя по показателям установленной мощности;

- определены технико-экономические и экологические показатели использования сельскохозяйственных МТА, составленных на базе тракторов класса 1,4, при применении топлива с модификатором.

Практическая значимость:

- получены зависимости для расчета суммарных эксплуатационных затрат при проведении полевых работ для любых типов посевных агрегатов;

- для реализации выполнения операций регулировки топливной аппаратуры непосредственно в хозяйствах предложена установка для испытания, регулировки и ремонта топливной аппаратуры дизелей (патент на полезную модель №2012144980/06 от 20.07.2013 г.);

- разработаны рекомендации производству, позволяющие поддерживать требуемый уровень производительности и топливной экономичности машинно-тракторных агрегатов на заданный период.

Методология и методы исследования. При выполнении диссертационной работы использованы методы структурного анализа, натурного и математического моделирования производственных процессов с участием машинно-тракторных агрегатов, совокупность которых соответствовала целям и задачам проведенного исследования. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и полевых условиях на стандартном оборудовании в соответствии с требованиями государственных стандартов и методов планирования многофакторных экспериментов.

Результаты экспериментов обрабатывались с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel и Statistica.

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты теоретических исследований по уточнению производительности сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов при недостатке установленной мощности двигателя, а также методика расчета суммарных эксплуатационных затрат с учетом продолжительности проведения посевной кампании и величины обрабатываемой площади.

2. Параметры настройки топливной аппаратуры, позволяющие обеспечить установленную мощность тракторного двигателя при применении топлива с модификатором в течение заданного периода.

3. Техничко-экономические и экологические показатели использования машинно-тракторных агрегатов на базе тракторов тягового класса 1,4 при применении модифицированного топлива и измененных настройках топливной аппаратуры. Рекомендации производству.

Степень достоверности исследования подтверждается:

- применением стандартных методов и методик научного исследования с соблюдением требований и рекомендаций соответствующих стандартов;
- корректным использованием стандартных пакетов прикладных программ при анализе экспериментальных данных;
- применением измерительных приборов, прошедших поверку;
- адекватностью разработанных математических моделей, обоснованной удовлетворительной сходимостью с экспериментальными данными.

Реализация результатов исследования. Материалы диссертационного исследования внедрены в образовательный процесс Томского сельскохозяйственного института. Результаты исследований 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.

Применение модифицированного топлива и облуживание топливной аппаратуры дизелей по разработанной методике в учебно-производственном хозяйстве Томского аграрного колледжа позволило получить экономический эффект от внедрения на уровне 30000 руб. за год.

Апробация результатов исследования. 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. Инновации» (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.

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

Публикации. По результатам исследований опубликовано 15 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 работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов и рекомендаций, библиографического списка из 185 наименования, в том числе 2 на иностранном языке и восьми приложений. Объем работы составляет 157 страниц и включает в себя 27 таблиц, 53 рисунка.

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» рассмотрены причины снижения установленной мощности двигателей машинно-тракторных агрегатов в рядовой эксплуатации. Проведен анализ работ, которые посвящены повышению технико-экономических и экологических показателей работы дизельных двигателей.

На основании проведенного анализа литературных источников можно сделать вывод о том, что основными причинами, влияющими на снижение мощностных показателей тракторных двигателей в эксплуатации, являются неисправности цилиндропоршневой группы кривошипно-шатунного механизма и топливной аппаратуры. Указанные неисправности существенно влияют на производительность машинно-тракторных агрегатов и их топливную экономичность. Это приводит к дополнительным финансовым затратам сельскохозяйственных предприятий, в том числе из-за затягивания агротехнологических сроков проведения операций.

Научный и практический интерес представляет разработка методов использования модифицированного и альтернативного топлива в сельском хозяйстве, которые до настоящего времени, в основном, преследовали цели повышения экологической безопасности и топливной экономичности. Применение топлива с измененными характеристиками как средства поддержания мощностных показателей двигателей тракторов не рассматривалось.

Применение модифицированного топлива, как средства повышения эксплуатационных показателей двигателей тракторов, вызывает необходимость изменения регулировок топливной аппаратуры. Однако существующая нормативно-техническая документация не учитывает возможность применения топлива с модификаторами для повышения указанных показателей машинно-тракторных агрегатов. Поэтому необходимо оценить влияние топлива с модификатором на мощностные и топливно-экономические показатели тракторного двигателя, а затем и на эффективность использования МТА.

С целью обоснования применения топлива с модификатором в эксплуатации

нами была разработана блок-схема (рисунок 1). Согласно разработанной схеме,

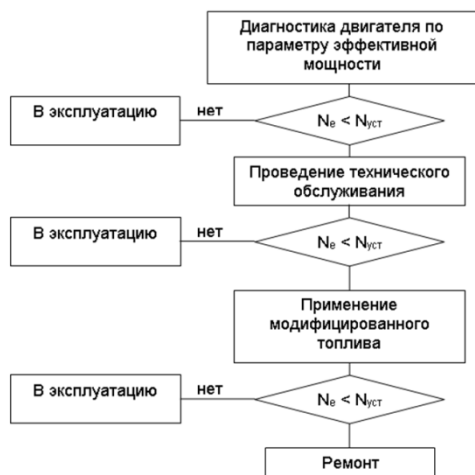


Рисунок 1 – Блок-схема применения топлива с модификатором

если по результатам проведения диагностирования выявляется, что двигатель не обладает требуемой величиной установленной мощности, то проводится техническое обслуживание (ТО). После проведения ТО диагностические показатели, проверяются вновь. Если же при этом не удастся обеспечить установленную мощность, то обосновано применение топлива с модификатором. Использование данной методики предполагается в случае выявления в процессе диагностирования предельных износов цилиндропоршневой группы двигателя, на обоснованный период наработки.

Во второй главе «Теоретическое обоснование повышения эффективности использования МТА с учетом применения модификатора в топливо» представлена методика оценки снижения производительности машинно-тракторного агрегата с учетом потери мощности двигателя трактора. Обоснован период рационального применения топлива с модификатором для компенсации снижения мощности. Обоснованы требования к модификатору топлива и его концентрация. Теоретически рассмотрено изменение рабочего процесса двигателя, приводящее к повышению его мощности. По результатам численного математического моделирования процесса тепловыделения в цилиндре двигателя получены развернутая индикаторная диаграмма двигателя и зависимость коэффициента тепловыделения от угла поворота КВ по ранее принятым коэффициентам полезного теплоиспользования в точке z' (рисунок 2). Смоделированное протекание рабочего процесса в двигателе 4Ч 11/12,5 показало, что при снижении величины мощности на номинальном режиме работы с 55,6 до 48,0 кВт (снижение на 13,64 %), приводит к падению величины компрессии на 8,24 % и увеличению периода задержки самовоспламенения в диапазоне 43,7...45,5 %.

Для двигателей имеющих сниженную установленную мощность было предложено применение топлива, модифицированного присадкой. Согласно классификации, представленной в трудах Большакова Г.В. и Данилова А.М., были сформулированы требования, предъявляемые к присадке. Одним из которых, явилось повышение цетанового числа дизельного топлива. Исходя из представленных требований, был обоснован выбор присадок-модификаторов (далее – модификаторов). По результатам рассмотрения потенциальных образцов для дальнейших исследований был выбран модификатор Bio petro improver (BPI).

На основании проведенного хроматографического анализа, выявившего что

действующим веществом модификатора являются соединения бибензола, были проведены расчеты его максимальной концентрации в топливе по критерию полного сгорания в цилиндре двигателя до элементарных компонентов. По результатам расчетов обоснована концентрация выбранного модификатора, не превышающего 0,02 % по массе.

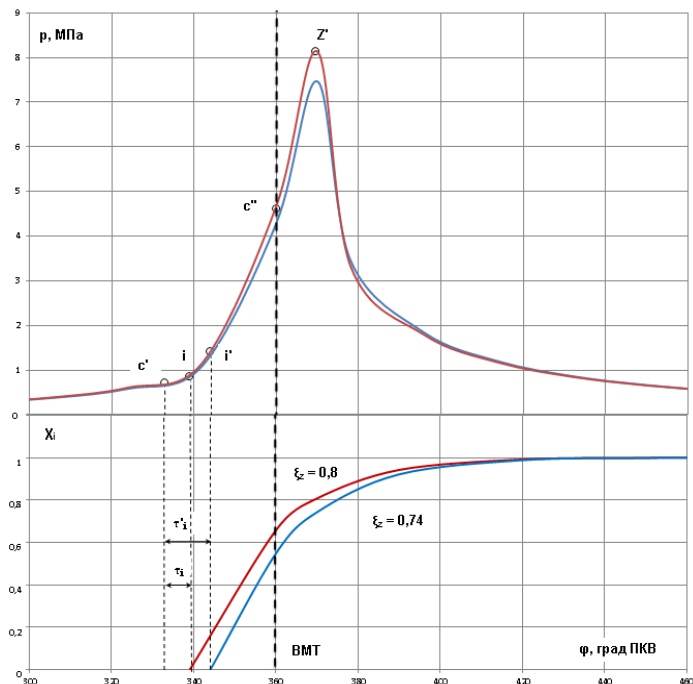


Рисунок 2 – Совмещенные развернутая индикаторная диаграмма двигателя 4С 11/12,5 и диаграмма тепловыделения в цилиндре: с' – точка, соответствующая впрыску топлива в цилиндр; i, i' – точки соответствующие началу видимого горения для стандартного двигателя и двигателя со сниженной мощностью; с'' – точка соответствующая наибольшему давлению на такте сжатия; z' – точка максимального давления термодинамического цикла

Часовую производительность машинно-тракторного агрегата с учетом снижения мощности двигателя трактора определяют по формуле

$$W_{\text{ч}} = \frac{0,36 N_{\text{с}}^{\text{н}} \xi_{\text{Ne}} \eta_{\text{T}}^{\Phi}}{K_{\text{м}}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{ч}}$ – часовая производительность МТА, га/ч; $N_{\text{с}}^{\text{н}}$ – номинальная мощность двигателя, кВт; ξ_{Ne} – коэффициент использования номинальной величины мощности двигателя; η_{T}^{Φ} – фактический тяговый КПД трактора; $K_{\text{м}}$ – удельное сопротивление сельскохозяйственной машины (орудия), кН/м.

Фактический тяговый КПД трактора определяется по формуле

$$\eta_{\text{T}}^{\Phi} = \frac{\eta_{\text{T}} - \xi_{\text{пот}}}{1 - \xi_{\text{пот}}} \quad (2)$$

где $\xi_{\text{пот}}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности с учетом технического состояния двигателя, который определяется по результатам диагностирования двигателя. Данные, полученные предыдущими исследователями, позволяют принять вариацию данного коэффициента в диапазоне 0...0,15.

Для оценки эффективности использования МТА при применении топлива с модификатором была разработана экономико-математическая модель для механизированного процесса на основе суммарных издержек. Основой для разработки мо-

дели послужил ГОСТ 53056-2008, согласно которому прямые эксплуатационные затраты денежных средств определяются по формуле

$$И = З + Г + Р + А + Ф, \quad (3)$$

где И – прямые эксплуатационные затраты, руб.; З – затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала, руб.; Г – затраты на горюче-смазочные материалы, руб.; Р – затраты на ремонтно-обслуживающие воздействия, руб.; А – затраты средств на амортизацию, руб.; Ф – прочие прямые затраты средств на основные и вспомогательные материалы, руб.

По результатам обработки статистических данных показателей современных отечественных тракторов различных тяговых классов и различных моделей сеялок получена аналитическая зависимость необходимой номинальной мощности тракторного двигателя в зависимости от часовой производительности посевного агрегата.

$$N_e^n = 31,954e^{0,1078W_4} \quad (4)$$

Полученная зависимость доказывает, что увеличение установленной мощности тракторного двигателя не приводит к пропорциональному увеличению часовой производительности МТА.

По результатам имитационного моделирования эксплуатации посевных МТА, обладающих установленной мощностью и сниженной на 15 % позволили выявить рост удельных эксплуатационных затрат на посев (рисунок 3), величина которых определялась по формуле

$$З_{уд} = \frac{И}{F}, \text{ руб./га} \quad (5)$$

где F – посевная площадь, га.

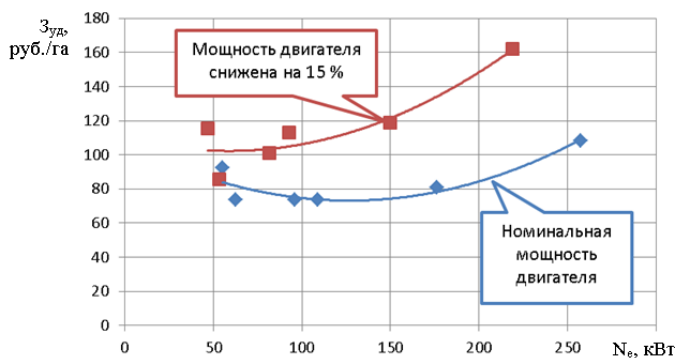


Рисунок 3 – Зависимость удельных эксплуатационных затрат посевного агрегата на обработку единицы площади при номинальной мощности тракторного дизеля и сниженной на 15 %

Анализируя полученные зависимости можно прийти к выводу, что при соответствии мощности двигателя трактора номинальной величине минимальные удельные эксплуатационные затраты при посеве наблюдаются у МТА с номинальной мощностью двигателя в 130 кВт (73,2 руб.). При эксплуатации тракторов со сниженной на 15 % мощностью дизеля минимальные эксплуатационные затраты достигаются при мощности двигателя в 60 кВт (102,2 руб.). Разница в затратах на обработку единицы площади составила 28,4 %.

Используя данные, полученные в работах Мартыно Б.П. и Шикиной Л.В., нами была получена зависимость потерь от снижения урожайности зерновых в зависимости от сроков проведения посева

$$\Pi = 0,5F\Pi_3 U(0,0142D - 0,0739), \quad (6)$$

где Π – потери от снижения урожайности зерна, руб.; Π_3 – цена одного ц зерна, руб.; U – плановая урожайность, ц/га; D – число дней посева.

Величина суммарных издержек на посев является суммой прямых эксплуатационных затрат и потерь от снижения урожая

$$И_{\Sigma} = И + \Pi, \quad (7)$$

где $И_{\Sigma}$ – суммарные издержки на посев, руб.

Целевая функция исследуемой экономико-математической модели суммарных издержек на посев в развернутом виде представлена выражением (8). На рисунке 4 представлена ее геометрическая интерпретация в зависимости от продолжительности проведения посева и размера посевных площадей при наложенных ограничениях на другие параметры экономико-математической модели.

$$\begin{aligned} & И_{\Sigma} = \\ & \frac{3,445F}{\ln N_e^H (1 - \xi_{\text{пот}}) T_{\text{см}} \tau K_{\Gamma}} \times C_{\Gamma} + \frac{q_{\Gamma} F \Pi_{\Gamma}}{(1 - \xi_{\text{пот}})} + (r_{\text{р.тр}} + r_{\text{а.тр}}) \times \left(28,8 \cdot 31,954 e^{\frac{0,1078 F}{D N_a^{\Phi} T_{\text{см}} K_{\text{см}} K_{\Gamma}}} - \right. \\ & \left. 361,3 \right) N_a^{\Phi} + (r_{\text{р.м}} + r_{\text{а.м}}) \times \left(237,31 \frac{F}{D N_a^{\Phi} T_{\text{см}} K_{\text{см}} K_{\Gamma}} - 249,9 \right) N_a^{\Phi} z + H_{\text{сем}} F \Pi_{\text{сем}} + \\ & H_{\text{удоб}} F \Pi_{\text{удоб}} + 0,5 F \Pi_3 U(0,0142D - 0,0739) \rightarrow \min \end{aligned} \quad (8)$$

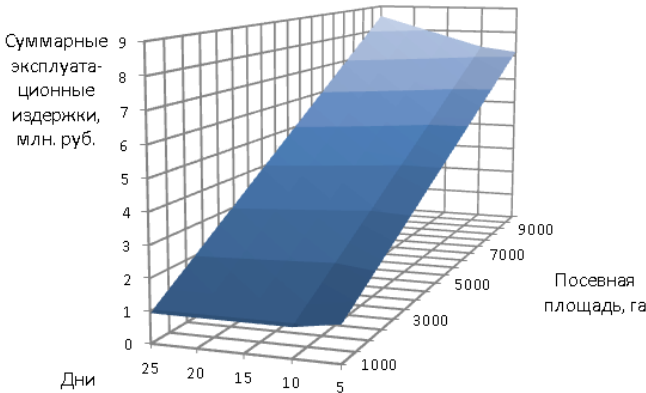


Рисунок 4 – Геометрическое представление функции отклика суммарных издержек на проведение посева в зависимости от величины посевной площади и числа дней проведения операции

Анализ представленной зависимости показывает, что оптимальные сроки проведения посева зерновых культур по критерию минимума затрат на проведение технологической операции находятся в пределах 9...11 дней в зависимости от площади посева.

В третьей главе «Методика экспериментальных исследований» содержатся сведения об объектах исследований, аппаратуре и средствах измерений, программе и методике экспериментальных исследований, состоящих из нескольких этапов. Первый этап предусматривал проведение лабораторных исследований, которые были проведены на двигателе 4Ч 11/12,5 (Д-240), установленном на обкаточно-тормозном стенде КИ-5543. Общий объем испытаний составил 60 мото-часов, что позволило многократно повторить полученные результаты экспериментов.

По результатам испытаний двигателя на стандартном дизельном топливе была получена совмещенная скоростная и регуляторная характеристика, которая

представлена на рисунке 5. По результатам испытаний выявлено, что потери мощности на номинальном режиме составили 9,55 кВт, что ниже величины установленной мощности на 17,3 %. На режиме максимального крутящего момента потери крутящего момента составили 54 Н·м, или 20 %.

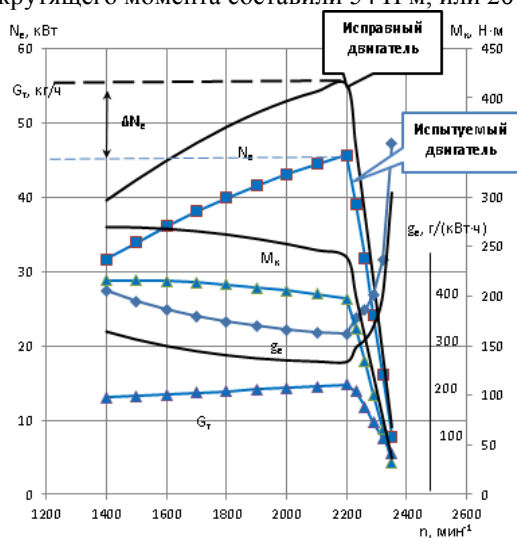


Рисунок 5 – Совмещенная регуляторная внешняя скоростная характеристика двигателя 4С 11/12,5

Второй этап предусматривал проведение эксплуатационных испытаний, которые проводились на посевном и тракторно-транспортном агрегатах. Исследования проводились на территории учебно-производственного хозяйства ОГБПОУ «Томский аграрный колледж». Полевые исследования посевного агрегата проводились по методике активного полнофакторного эксперимента по двухуровневому плану второго порядка Бокса-Бенкина.

Согласно задачам исследования, в процессе подготовки и проведения экспериментальных исследований была разработана и изготовлена мобильная установка для испытания, регулировки и ремонта топливной аппаратуры тракторных двигателей. Установка получила название СМТА-01 (рисунок 6) и позволяла произвести корректировку настроек топливной аппаратуры при применении топлива с модификатором.



Рисунок 6 – Установка СМТА-01:
1 – электродвигатель; 2 – элементы механического привода; 3 – испытуемая топливная аппаратура; 4 – электронный блок управления

Обработка статистических данных проводилась по стандартным методикам.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» представлены результаты экспериментальных исследований и их анализ.

При применении топлива с модификатором при концентрации 0,2 г модификатора на 1 л дизельного топлива получен прирост мощностных и топливно-экономических показателей. Так мощность на номинальном режиме работы возросла на 7,1 кВт (на 13,4 %), удельный эффективный расход топлива снизился на 43,7 г/кВт·ч (на 13,8 %) (рисунок 7).

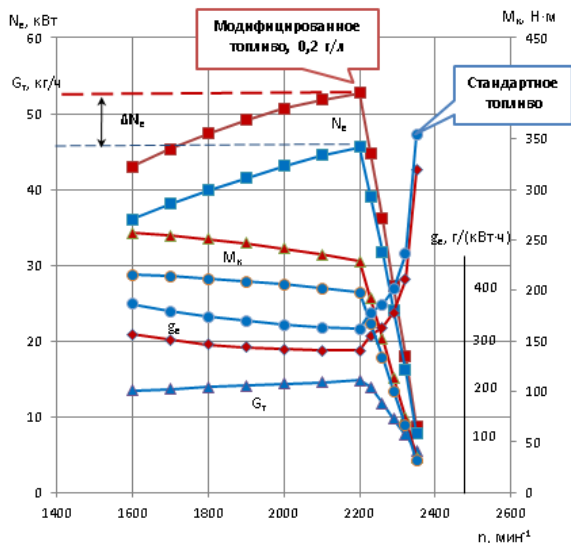


Рисунок 7 – Совмещенная регуляторная внешняя скоростная характеристика испытуемого двигателя 4Ч 11/12,5 при работе на стандартном и модифицированном топливе

По результатам испытаний двигателя 4Ч 11/12,5, работающего на топливе с модификатором, вместе с повышением указанных показателей было выявлено уменьшение коэффициента запаса крутящего момента до 1,05 (регламентированная величина 1,12). Данное обстоятельство вызвало необходимость увеличения коэффициента коррекции всережимного регулятора насоса высокого давления с 1,15...1,2 до 1,25. Это позволило обеспечить увеличение коэффициента запаса крутящего момента двигателя до 1,13.

В качестве экологических показателей оценки воздействия топлива с модификатором на работу двигателя были выбраны (рисунок 8):

- коэффициент поглощения светового потока K , м^{-1} ;
- выбросы углеводородов C_nH_m , млн^{-1} ;
- выбросы оксида углерода CO , %.

В результате проведения экспериментальных исследований было установлено, что наибольший экологический эффект от применения топлива с модификатором наблюдается по отношению к выбросам углеводородов. Снижение выбросов углеводородов достигает 4 млн^{-1} (снижение до 5 раз). Снижение выбросов оксида углерода достигает 0,01 % (снижение до 4 раз). Снижение коэффициента светового потока составляет 0,37 м^{-1} (снижение на 36,8 %).

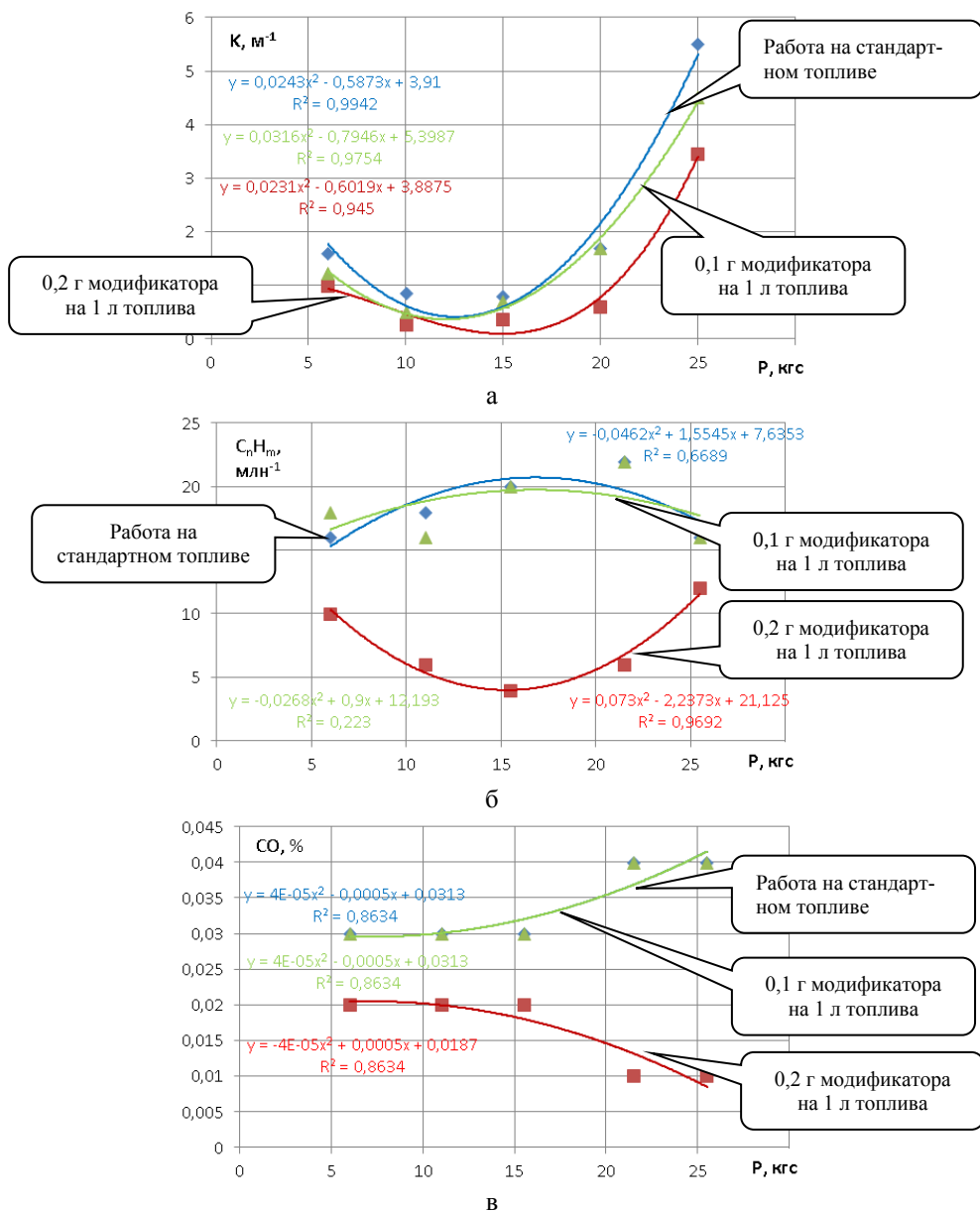


Рисунок 8 – Влияние топлива с модификатором на экологические показатели двигателя 4C 11/12,5: а – коэффициент поглощения светового потока, м^{-1} ; выбросы углеводов, млн^{-1} ; выбросы оксида углерода, %

Полевые исследования посевного агрегата проводились в два этапа. На первом этапе использовался трактор МТЗ-82 работающий на стандартном дизельном

топливе с сеялкой СЗ-5,4. На втором этапе использовался посевной агрегат работающий на топливе с концентрацией модификатора 0,2 г/л, после изменений в настройках топливной аппаратуры.

Для определения средней скорости движения агрегата на контрольном участке использовались гоны протяженностью 300 м. Согласно ГОСТ 30745-2001, для проведения испытаний использовался агрофон «поле, подготовленное под посев».

На рисунке 9 представлены результаты расчетов прироста тяговой мощности посевного агрегата и его тягового КПД при работе на топливе с модификатором в концентрации 0,2 г/л топлива.

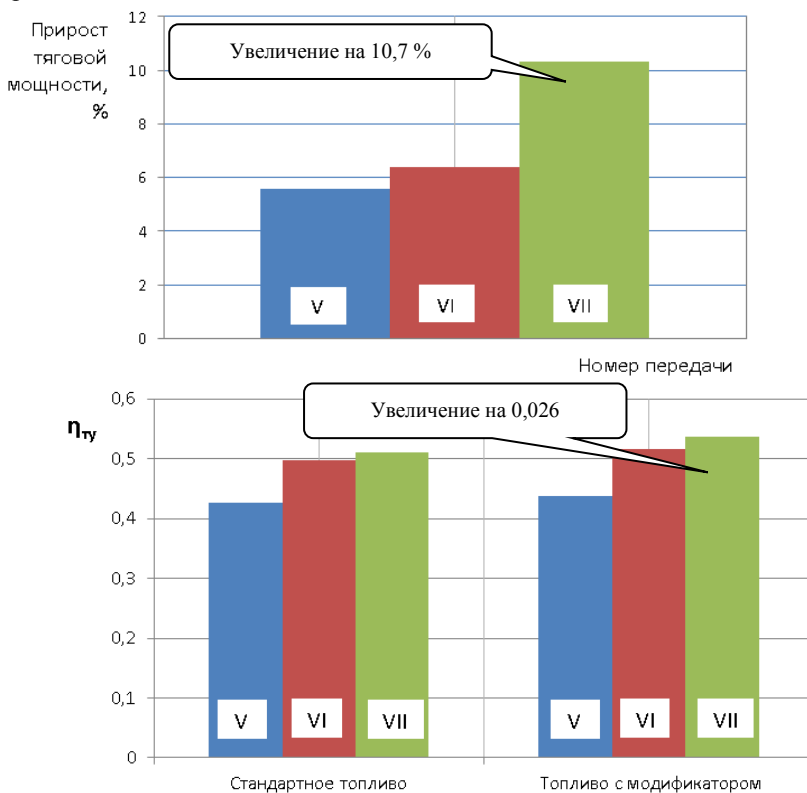


Рисунок 9 – Прирост тяговой мощности и условного тягового КПД при исследовании посевного МТА (агрофон – поле, подготовленное под посев)

По результатам полевых испытаний посевного агрегата получено увеличение тяговой мощности до 10,7 % и топливной экономичности до 12,49 %. Максимальное повышение условного тягового КПД трактора составило 0,0258. Наибольший прирост средней рабочей скорости движения МТА получен на VII передаче и составил 14,5 %.

Испытания тракторно-транспортного агрегата (ТТА), в составе трактора МТЗ-82 и прицепа 2ПТС-4, проводились в течение 7 дней при его работе на пере-

возке сенажа. Для учета перевезенной массы производилось взвешивание прицепа. В первый день проводились контрольные измерения топливной экономичности ТТА при работе на стандартном топливе. Со второго по четвертый день, после внесения регулировок в топливную аппаратуру, применялось топливо с модификатором в концентрации 0,2 г/л. С пятого по седьмой день применялось топливо со сниженной концентрацией модификатора – 0,1 г/л (рисунок 10).

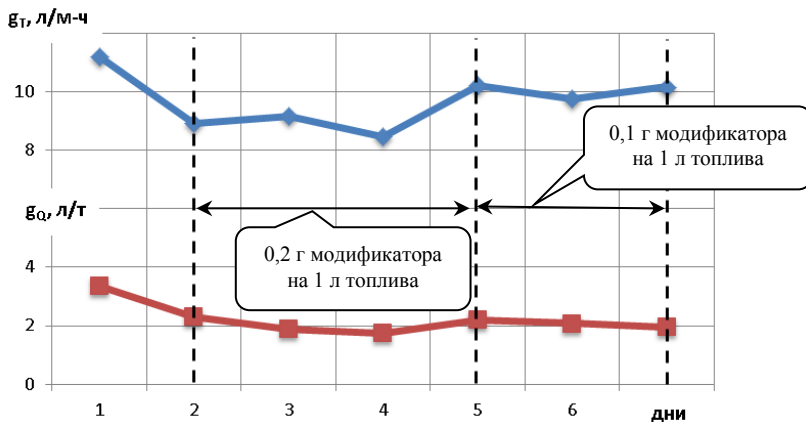


Рисунок 10 – Изменение показателей удельного расхода топлива тракторно-транспортного агрегата по дням

По результатам полевых исследований ТТА выявлено снижение удельного расхода топлива на единицу наработки, которое достигает 2,73 л/мото-ч (на 20,3 %) при работе на топливе с модификатором в концентрации 0,2 г/л и 1,42 л/мото-ч (на 12,7 %) при концентрации 0,1 г/л. Обеспечено повышение ритмичности закладки сенажной траншеи на 13,2...25,6 %.

В пятой главе «Экономическая оценка использования результатов исследования» произведен расчет экономического эффекта от применения топлива с модификатором на примере посевного МТА. Согласно разработанной экономико-математической модели, при применении топлива с модификатором в концентрации 0,2 г/л, получено увеличение средней рабочей скорости движения агрегата на 0,7 км/ч (11,12 %), что позволяет при заданной посевной площади в 130 га уменьшить срок выполнения посева с 9 до 8 дней. Это обеспечит экономический эффект на уровне 30 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате исследований установлено, что применение топлива с модификатором ВРІ в концентрации 0,02 % от массовой доли дизельного топлива способно обеспечить достижение установленной мощности двигателя сельскохозяйственного трактора. Применение данной присадки в комплексе с регулировкой топливной аппаратуры обеспечивает продление срока эксплуатации не менее 125 моточасов по показателю установленной мощности.

2. Предложенная экономико-математическая модель суммарных эксплуатационных затрат на проведение механизированных работ, позволяет учесть повышение производительности машинно-тракторных агрегатов при применении топлива с модификатором и определить оптимальные сроки проведения работ с учетом тех-

нического состояния двигателя в зависимости от объема полевых работ и потерь будущего урожая. В результате математического моделирования установлено, что в условиях Томской области снижение удельных эксплуатационных затрат на обработку единицы площади для посевных агрегатов варьируется в пределах 20...60 руб./га в зависимости от мощности двигателя трактора. Выявлено, что наибольшей эффективностью по критерию минимума удельных эксплуатационных затрат обладают посевные агрегаты с мощностью двигателя трактора 100...120 кВт. Оптимальные сроки проведения посева зерновых культур по критерию минимума затрат на проведение технологической операции находятся в пределах 9...11 дней в зависимости от площади посева.

3. В результате стендовых испытаний двигателя 4Ч 11/12,5 достигнуто повышение эффективной мощности на 13,4 %, получено снижение удельного эффективного расхода топлива на 13,8 %. Достигнуто снижение дымности на 36,4 %, снижение выбросов углеводородов до 5 раз; снижение выбросов оксида углерода до 4 раз. Обосновано внесение изменений в настройки топливной аппаратуры в связи с применением модифицированного топлива.

4. Применение разработанных рекомендаций при проведении посевных работ позволило обеспечить увеличение тяговой мощности на 10,7 % и топливной экономичности на 12,49 %, при этом повышение условного тягового КПД трактора МТЗ-82 составило 0,026. Расчетами установлено увеличение сменной производительности за счет увеличения рабочей скорости машинно-тракторного агрегата на 11,12 %. Эксплуатационные исследования, проведенные на тракторно-транспортном агрегате, обеспечили повышение топливной экономичности до 20,3 %. Обеспечено повышение ритмичности закладки сенажной траншеи, это позволило увеличить суточную закладку сенажа на 13,2...25,6 %.

5. Экономический эффект от сокращения суммарных эксплуатационных издержек составил порядка 30 тыс. руб. на один посевной МТА.

Рекомендации

Применение модифицированного топлива в комплексе с предложенными регулировками топливной аппаратуры является эффективным средством для поддержания мощностных и топливно-экономических показателей двигателя машинно-тракторного агрегата. В качестве присадки для модифицирования топлива рекомендуется применение присадки ВРІ в концентрации 0,2 г/л топлива. Основные требования к применению топлива с модификатором и настройкам топливной аппаратуры:

1. Модифицированное топливо рекомендуется применять при снижении установленной мощности свыше 4...6 % от нормативного значения при невозможности ее поддержания стандартными средствами технического обслуживания. Рекомендуемая продолжительность применения топлива с модификатором для тракторов МТЗ-82 составляет 125 мото-часов.

2. При переходе на модифицированное топливо необходимо внести изменения в настройку корректора всережимного регулятора топливного насоса, до величины коэффициента коррекции 1,25.

3. Регулировка неравномерности подачи топлива производится на режиме перегрузки (режим максимального крутящего момента) при частоте вращения ку-

лачкового вала $850 \pm 5 \text{ мин}^{-1}$.

**Список работ, опубликованных автором (в соавторстве)
по теме диссертации:**

В журналах из перечня рецензируемых научных изданий ВАК:

1. Аметов, В.А. 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, Бюл. № 20 – 2 с.

Другие издания:

6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.