

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Старцева Андрея Васильевича на диссертационную работу Захарова Сергея Васильевича **«Повышение эффективности эксплуатации тракторов с газодизельными двигателями на переходных режимах путем совершенствования системы топливоподачи»**, представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса»

Актуальность темы диссертации.

Одним из перспективных путей снижения расхода дизельного топлива сельскохозяйственными энергосредствами является его полная или частичная замена другими энергоносителями. Одним из таких энергоносителей является компримированный природный газ (КПГ) или сжиженный природный газ (СПГ). Изменение химического состава топлива оказывает влияние на качество сгорания топлива, а также позволяет улучшить экологические показатели энергоустановок. Однако, как полная, так и частичная замена дизельного топлива невозможна без значительных изменений конструкции дизельного двигателя. При полной замене дизельного топлива газовым (газовый двигатель) необходимо изменение не только степени сжатия, но и дооснащение двигателя новой системой зажигания. Отсюда, наиболее перспективным путем снижения расхода дизельного топлива является перевод дизельного двигателя на газодизельный цикл при использовании КПГ, который значительно дешевле и доступнее СПГ. В этом случае, переход происходит без кардинальных изменений конструкции двигателя, но необходима доработка системы топливоподачи с сохранением «запальной дозы» дизельного топлива. Улучшение эксплуатационных показателей дизельных двигателей при переводе их на газодизельный цикл является важной народнохозяйственной задачей. В этой связи, диссертационная работа Захарова Сергея Васильевича, посвященная совершенствованию системы топливоподачи газодизельного двигателя, является актуальной, а ее результаты – практически значимыми.

Научная новизна исследования, заявленная автором диссертации и автореферата, заключается:

- в разработке математической модели установления экономически целесообразной степени замещения дизтоплива компримированным газом;
- установлении соотношения количества дизельного топлива и сжатого газа в зависимости от затрат на переоборудование и ремонт двигателя;
- установлении взаимообусловленной связи устройств подачи дизтоплива и газа с целью обеспечения требуемых эксплуатационных показателей.

На мой взгляд научная новизна рецензируемой диссертации может быть уточнена и сформулирована следующим образом:

- в разработке математических моделей, впервые позволяющих определить рациональный состав горючей смеси в зависимости от эффективных показателей работы газодизеля с учетом затрат на топливо, обслуживание и ремонт, а также динамики переходных процессов;
- в предложении нового способа регулирования подачи компримированного природного газа во впускной трубопровод газодизеля, новизна технического устройства

для реализации которого, подтверждена патентом на полезную модель №88070U1 «Система питания газодизеля»;

—в получении новых результатов экспериментальных исследований, полученных в результате испытаний экспериментального машинно-тракторного агрегата, оснащенного газодизелем, а также результатов экологической и технико-экономической оценки эксплуатации подобных машинных комплексов в условиях Российской Федерации.

Выводы, представленные в заключении диссертации и автореферата идентичны, соответствуют цели и поставленным задачам исследования, в достаточно полной мере отражают результаты, достигнутые лично автором в диссертационной работе.

Практическая значимость работы состоит в широком внедрении результатов исследования в учебный процесс ФГБОУ ВО «Омский государственный университет имени П.А. Столыпина», в производственный процесс СПК «Сибиряк» Москаленского района Омской области и ООО «Инициатива» Полтавского района Омской области. Кроме того, на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований разработана и утверждена на заседании НТС ФГБОУ ВО Омский ГАУ инструкция по переоборудованию тракторов МТЗ для работы на дизельном топливе и компримированном природном газе.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизна подтверждаются достаточно глубоким анализом и проработкой теоретических положений отечественных и зарубежных авторов в области механизации сельского хозяйства. Автор достаточно корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Экспериментальные исследования проводились согласно рекомендуемым методикам с использованием поверенных и аттестованных измерительных средств. При обработке результатов экспериментальных исследований были использованы необходимые положения теории вероятностей и математической статистики. Расчетно-аналитические исследования проводились с применением программного комплекса Statistica 7.0 и Microsoft Excel.

В диссертационной работе автором предложены новые научно обоснованные технические решения и технологические разработки по повышению топливной экономичности и экологической безопасности дизельных двигателей для сельскохозяйственных тракторов, имеющие существенное значение для развития страны. На основании результатов проведенных исследований автором сделаны следующие выводы:

Первый вывод, получен на основании монографического исследования проблемы использования компримированного природного газа в качестве замены дизельному топливу и изложен в следующей редакции: «Установлено, что повышение эффективности газодизельного двигателя путем снижения расходов на топливо возможно при использовании компримированного природного газа, при этом для воспламенения смеси в цилиндрах используются стартовые порции дизельного топлива». Проведенный мною анализ показал, что сделанный вывод является достоверным, но не обладает ни новизной, ни конкретностью.

Во *втором выводе* приведены результаты экономико-математического моделирования, полученные на модели затрат на работу газодизельного двигателя с оптимизацией коэффициента замещения дизельного топлива компримированным природным газом. Представленные данные обладают новизной.

В *третьем выводе* приведено описание и представлены технические характеристики разработанной конструкции системы питания газодизеля. Представленные данные обладают новизной, вывод достоверен. Техническая новизна предлагаемого конструкторского решения подтверждена патентом на полезную модель.

В *четвертом выводе* представлены результаты экспериментальных исследований опытного образца газодизеля, созданного на базе дизельного двигателя 4Ч 11/12,5 (Д-240) и машинно-тракторного агрегата в составе трактора МТЗ-82, оснащенного вышеуказанным газодизельным двигателем, и навесного предпосевного культиватора КПС-4Н. Представленные данные обладают новизной, вывод достоверен и корректен.

В *пятом выводе* приведена экономическая и экологическая оценка от использования трактора МТЗ-82 с газодизельным двигателем в сельском хозяйстве Российской Федерации. Вывод обладает новизной, достоверен.

Структура и содержание диссертационной работы.

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина» (ФГБОУ ВО Омский ГАУ).

Диссертационная работа содержит 164 страницы машинописного текста, выполненного в текстовом редакторе Microsoft Word, включая приложения, или 108 страниц основного текста (без списка литературы и приложений) и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, содержащего 194 источника. Работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ к подобному виду работ. Структура и оформление текста диссертации и автореферата соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 Диссертация и автореферат диссертации.

Во **введении** автором обоснована актуальность темы исследования, степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, научная новизна, практическая значимость работы, представлена методология и методы диссертационного исследования, научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов исследований.

В **первой главе «Состояние вопроса. Цель и задачи исследований»** автором был проведен анализ путей экономии топливно-энергетических ресурсов нефтяного происхождения, используемых в качестве топлива для мобильных энергетических установок, за счет перевода их на сжатый природный газ, как наиболее дешевый и запасы которого значительно превосходят запасы нефти. Автором также рассмотрены наиболее перспективные конструкции газо-топливных систем и пути их дальнейшего развития с учетом улучшения эксплуатационных характеристик двигателей при их работе на газодизельном топливе.

В соответствии с целью работы и результатами анализа автором вполне корректно сформулированы задачи исследования.

Во **второй главе «Теоретические исследования»** автором представлены разработанные математические модели, впервые позволяющие определить рациональный состав горючей смеси в зависимости от эффективных показателей работы газодизеля с учетом затрат на топливо, обслуживание и ремонт, а также динамики переходных процессов. Материал главы занимает 17 страниц (15,7 %), при этом п. 2.1 занимает 2 страницы и мог бы быть объединен с п. 2.2, а п. 2.5 занимает объем менее 1 страницы и мог бы быть объединен с п. 2.4, в качестве вывода или перемещен в п.2.6, дополняя выводы по главе.

К сожалению, это не единственный недостаток. При изложении экономико-математической модели в формуле 2.2 (стр. 42) при обозначении затрат на дизельное и газовое топливо, с размерностью руб./ч, была использована аббревиатура «Ц», без её

расшифровки и указания размерности в тексте диссертации, которая впоследствии, при оформлении автореферата (формула (2), стр. 7), была понята и расшифрована как цена топлива с соответствующей размерностью, руб./кг или руб./м³. Что привело к логической ошибке в формуле (2) и, вероятно, ввело в заблуждение многих внимательных читателей автореферата.

В целом, название главы соответствует её содержанию.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» приведена программа проведения экспериментальных исследований, а также методы обработки результатов измерений исследуемых параметров. В основу методик положены требования государственных стандартов, распространяющихся на испытания двигателей внутреннего сгорания при определении технико-экономических и экологических показателей их работы, а также другие нормативные документы, регламентирующие проведение научных исследований.

Представлена конструкция разработанной автором экспериментальной топливной системы питания газодизеля, отличающаяся тем, что рейка топливного насоса установлена в положении, соответствующем подаче «запальной дозы» дизельного топлива и отключена от центробежного регулятора, а система подачи компримированного природного газа снабжена дроссельной заслонкой дозатора подачи газа, кинематически соединенной с рычагом центробежного регулятора топливного насоса газодизеля.

Программа экспериментальных исследований включала:

- лабораторные (стендовые) испытания по определению эффективных показателей работы газодизеля при работе на дизельном топливе и смеси дизельного топлива и природного газа с вариацией коэффициента замещения;

- эксплуатационные испытания машинно-тракторного агрегата в составе трактора МТЗ-82, снабженного газодизелем на базе дизельного двигателя 4Ч 11/12,5 (Д-240), и навесного предпосевного культиватора КПС-4Н, с целью получения эксплуатационных показателей работы трактора с газодизелем в составе МТА.

При обработке экспериментальных данных были использованы известные методы теории вероятностей и математической статистики. Полученные результаты замеров обобщались в виде сводных протоколов испытаний, таблиц и графиков, которые аппроксимировались различными уравнениями регрессии в программной среде Microsoft Excel.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» приведены результаты стендовых испытаний топливного насоса УТН-5, подтверждающие его исправное состояние. Получены эмпирические решения и найдены численные значения коэффициентов в уравнениях, описывающих переходные процессы при изменении параметров работы газодизеля при увеличении и снижении нагрузки, которые в математической модели (глава 2) были представлены неоднородными дифференциальными уравнениями второго порядка с постоянными коэффициентами. Дана экспериментальная оценка вероятности безотказной работы и интенсивности отказов компонентов системы питания газодизеля. Разработаны основные положения по безопасному техническому обслуживанию тракторов, оснащенных газодизельной системой питания, а также инструкция по переоборудованию тракторов МТЗ для работы на дизельном топливе и компримированном природном газе, утвержденная НТС ФГБОУ ВО Омский ГАУ.

Материалы главы изложены на 18 страницах машинописного текста (16,7 %).

В пятой главе «Технико-экономическая оценка результатов исследования» приведены результаты технико-экономической и экологической оценки при

выполнении сплошной культивации культиватором КПС-4Н в агрегате с базовым трактором МТЗ-82 и этим же трактором, оснащенным газодизельной системой питания. Расчет выполнен по стандартным методикам, изложенным в ГОСТ Р 53056–2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки, ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. Межгосударственный стандарт. Кроме того, использованы: Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских, работ новой техники, изобретений и рационализаторских предложений (Москва: Колос, 1980), Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники (Москва: Колос, 1998).

Материалы главы изложены на 9 страницах машинописного текста (8,3 %). Полученные результаты сомнений не вызывают.

В целом, текст диссертационной работы изложен в логической последовательности, стиль изложения материала, его структура и содержание соответствуют работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Публикации и апробация диссертационной работы.

По материалам исследования опубликовано 33 научных работы, 18 из которых представлены в автореферате, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ; 1 статья в рецензируемом издании, входящем в международную базу цитирования Scopus и Web of Science. Получен патент РФ на полезную модель.

Основные положения диссертации и ее результаты одобрены на: Международном научно-техническом форуме «Реализация Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: инновации, проблемы, перспективы» (Омск, 2009 г.); Международной научно-практической конференции молодых ученых Россельхозакадемии «Актуальные вопросы научного обеспечения АПК в работах молодых ученых» СибНИИСХоз (Омск, 2010 г.); Международной научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых учёных «Инновации в развитии сельскохозяйственного производства в современной России и Казахстане», посвященной Дню российской науки в 2015 г. (Омск, 2015 г.); Международной научно-практической конференции «Новая наука: стратегии и векторы развития» (Ижевск, 2016 г.); Национальных и международных научно-практических конференциях ФГБОУ ВО Омский ГАУ (2013 – 2024 гг.).

Результаты диссертационной работы в достаточной мере опубликованы в открытой печати. Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе.

В целом по диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

1. Достоверность *второго* вывода (стр. 17 автореферата или стр. 107 диссертации) прямо не подтверждена результатами экспериментальных исследований. Кроме того, полученные результаты мало пригодны для практического использования, так как справедливы только в довольно узком диапазоне изменения ценовой конъюнктуры на энергоносители, которая, как известно, довольно изменчива как на мировом, так и на российском рынке углеводородов.

2. Непонятно, какой смысл автор вкладывает в слова: «Установлены варианты комплектов газобаллонного оборудования в соответствии с их рассчитанной стоимостью» (см. там же)?

3. Корректность *пятого* вывода частично вызывает сомнение, так как невозможно обеспечить «максимальную экономию как жидкого, так и газообразного топлива при всех режимах работы двигателя», как это указано в части вывода (стр. 18 автореферата или стр. 108 диссертации). Более того, закрепление рейки топливного насоса в положении подачи только запальной дозы дизельного топлива, может обеспечить работу газодизеля только на регуляторной ветви скоростной характеристики. Работа газодизеля на корректорной ветви обеспечена быть не может по причине отключения корректора, это наглядно продемонстрировано на рис. 4.9 (стр. 89 диссертации). Коррекция подачи компримированного природного газа в предлагаемой конструкции регулятора подачи газового топлива также не предусмотрена. Регулятор работает только на ограничение установленной частоты вращения коленчатого вала двигателя. По сути, газодизель утратил преемственность – основное преимущество дизельного двигателя в сравнении с карбюраторным.

4. В качестве замечаний к *первой главе* диссертации (стр. 11 – 40) следует отметить её относительно большой объем (30 страниц или 27,8 % от общего объема работы). Глава разбита на 8 пунктов, причем распределение материала в них неравномерное. Например, п. 1.7 занимает объем всего в одну страницу и мог бы быть объединен с п. 1.6 без ущерба для понимания смысла изложенного.

5. Замечание по *второй главе* диссертации (стр. 43). Действительно, применение газового топлива взамен дизельного, по мнению ряда ученых, приводит к увеличению межремонтного ресурса двигателя и, как следствие, к снижению удельных затрат на ремонт. Однако, это влияние не тождественное, то есть, увеличение коэффициента замещения на 10 % не приведет к увеличению межремонтного ресурса также на 10 %. В этой связи, в последнее слагаемое формулы (2) автореферата или формулы (2.5) диссертации должен быть введен поправочный коэффициент, тождественно отражающий данный процесс.

6. Во второй главе (стр. 50). При поиске значений коэффициентов в решении неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка, автор предлагает: «Все коэффициенты определяются исходя из принципа максимального правдоподобия». Далее приводится формула интеграла разностей, стремящаяся к минимуму. Хотелось бы узнать, что это за «принцип максимального правдоподобия» и почему автор не воспользовался широко применяемым и проверенным в статистике «методом наименьших квадратов»?

7. Выводы по главе 4 логически не вытекают из текста главы по причине отсутствия информации по заявленным положениям.

Заключение

Диссертационная работа Захарова Сергея Васильевича «Повышение эффективности эксплуатации тракторов с газодизельными двигателями на переходных режимах путем совершенствования системы топливоподачи» является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей новые научно обоснованные технические решения и технологические разработки, имеющие существенное значение для развития страны, обширный, методически правильно выполненный эксперимент и посвящена актуальной проблеме – повышению топливной экономичности и экологической безопасности дизельных двигателей для сельскохозяйственных тракторов. Работа соответствует паспорту специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса», а именно пунктам: 4.

Механизированные, автоматизированные и роботизированные технологии и технические средства для агропромышленного комплекса; 5. Мобильные и стационарные энергетические средства, машины, агрегаты, рабочие органы и исполнительные механизмы; 6. Методы и средства оптимизации технологий, параметров и режимов работы машин и оборудования.

Отмеченные замечания носят принципиальный характер, но не снижают научную и практическую ценность материалов, представленных в диссертации и в автореферате, а также не влияют на значимость проведенных исследований, их результаты и выводы.

По уровню научной новизны, практической значимости, методическому обеспечению диссертационная работа соответствует критериям, установленным п.п.9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Захаров Сергей Васильевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

Официальный оппонент –
доктор технических наук (05.20.01),
профессор, профессор кафедры
«Тракторы, сельскохозяйственные
машины и земледелие» ФГБОУ ВО
«Южно-Уральский государственный
аграрный университет»



Подпись *Старцев А.В.*
УДОСТОВЕРЯЮ
Судьям по кадрам
Мамонкин А.



с/ Старцев Андрей Васильевич
19.11.2025 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет»: 457103, Челябинская область, г. Троицк, ул. им. Ю.А. Гагарина, 13.

Тел. +7 (35163) 2-00-10, e-mail: tvl_t@mail.ru

Институт агроинженерии: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 75

Тел. +7 (351) 266-65-70, +7 (351) 265-56-07, E-mail: pda@sursau.ru