

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Рыблова Михаила Владимировича на диссертационную работу Димогло Анатолия Владимировича на тему: «Совершенствование системы питания газодизельных двигателей сельскохозяйственных тракторов», представленную в диссертационный совет 35.2.008.01, созданный на базе ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Актуальность темы диссертации

Сельскохозяйственные предприятия эксплуатируют большой парк мобильных машин, причем значительную долю их энергетических установок составляют двигатели с воспламенением от сжатия (дизели). При этом затраты на моторное дизельное топливо являются весомой составляющей в себестоимости производимой с.-х. продукции. В условиях повышения цен на нефтяные моторные топлива предприятия АПК вынуждены искать пути снижения издержек при эксплуатации автотракторной техники. Продолжает находиться в эксплуатации большое количество устаревшей техники, дизели которых не отвечают современным нормам по топливной экономичности и экологической безопасности, и поэтому такая техника нуждается в модернизации.

Одним из путей решения указанных проблем является перевод техники к работе на более дешевом компримированном природном газе (КПГ).

Основной проблемой, возникающей при переводе тракторной техники на газообразное топливо, является его плохая способность к самовоспламенению. Наиболее широкое распространение получил способ организации рабочего процесса ДВС, при котором нефтяное дизельное топливо заменяется газом не полностью, а частично, с сохранением определенной запальной порции дизельного топлива для обеспечения воспламеняемости. Такие двигатели получили название «газодизели». Использование газодизельного цикла не требует значительных изменений в конструкции двигателя, при этом сохраняется серийная топливная аппаратура и способность работать как в штатном режиме (на дизельном топливе), так и в газодизельном режиме (на газе как основном топливе с запальной дозой дизельного топлива).

Вместе с тем, несмотря на широкую известность данного способа организации работы тракторных ДВС, некоторые вопросы эксплуатации газодизельных тракторов требуют дальнейшего исследования. Одним из недостатков использования природного газа в качестве моторного топлива являются большие габариты и масса заправочных емкостей (газовых баллонов), что ограничивает обзорность оператору и ухудшает показатели продольной и поперечной устойчивости машинно-тракторного агрегата. Применение современных электронных систем управления подачей газа требует разработки новых технических решений, которые бы обеспечивали на дизелях с механическим управлением топливоподачей научно обоснованное соотношение доз жидкого и газообразного топлива.

В связи с вышеизложенным, диссертационная работа Димогло Анатолия Владимировича, посвященная адаптации сельскохозяйственного трактора к работе в газодизельном режиме, является актуальной и практически значимой для развития агропромышленного производства.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом НИОКР ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ «Инновационные направления совершенствования процессов и технических средств механизации и электрификации сельскохозяйственного производства», п. 2 «Инновационные направления совершенствования мобильных энергетических средств», утвержденной ученым советом университета (номер государственной регистрации 01.200.1-003986).

Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы из 142 наименований, 10 приложений. Работа изложена на 193 страницах, содержит 41 рисунок и 14 таблиц.

Во **введении** обоснована актуальность темы, поставлены цель и задачи исследования, сформулированы научные положения, выносимые на защиту.

В **первом разделе** выполнен обзор использования КПП в качестве моторного топлива для автотракторной техники, произведен анализ известных технических решений по адаптации тракторных ДВС к работе на газообразном топливе методом полного или частичного замещения нефтяного дизельного топлива, проанализированы экологические аспекты эксплуатации тракторов и автомобилей на жидком и газообразном топливах.

Во **втором разделе** проанализированы теплофизические основы использования газа как моторного топлива, представлены термодинамические зависимо-

сти, описывающие характер протекания рабочего процесса газодизеля и выполнено расчетно-теоретическое обоснование показателей рабочего процесса, индикаторных и эффективных показателей тракторного ДВС при работе в газодизельном режиме. В результате была рассчитана и построена сравнительная скоростная характеристика двигателя СМД-18Н при работе в типовом и в газодизельном режимах. Анализ полученных результатов выявил некоторое снижение мощностных показателей, что, впрочем, вполне ожидаемо для всех типов поршневых ДВС, переводимых с традиционного жидкого топлива на газообразное топливо.

Достоинством раздела является глубина теоретической проработки вопроса теплового расчета тракторного ДВС.

К недостаткам раздела следует отнести значительный объем использования фундаментальных положений теории ДВС, которые являются общеизвестными. Считаю, что автору следовало уделить больше внимания отличительным особенностям методики расчета газодизельного цикла, а также теоретически связать показатели двигателя с эксплуатационными показателями трактора.

В третьем разделе представлена концепция технического решения, посвященного организации работы двигателя СМД-18Н по газодизельному циклу, разработаны газодизельная топливная система тракторного ДВС, механизм минимизации запальной дозы дизельного топлива, аппаратно-программный комплекс для управления ДВС в газодизельном режиме. Скомплектована экспериментальная установка для стендовых исследований двигателя, разработана программа и методика экспериментальных исследований.

Достоинством раздела является высокий технический уровень практической реализации разработанных конструктивных решений по организации рабочего процесса газодизельного ДВС и проведения экспериментальных исследований.

Недостатком раздела является некоторая непоследовательность и частичная повторяемость изложения материала.

В четвертом разделе выполнено исследование запальной дозы топлива по критерию длины топливопровода, приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований тракторного ДВС в газодизельном режиме, проанализированы его индикаторные и эффективные показатели в зависимости от величины запальной дозы дизельного топлива и угла опережения впрыска топлива (УОВТ).

Достоинством раздела является представление индикаторных диаграмм рабочего процесса газодизеля, полученных при помощи современной измери-

тельно-регистрирующей аппаратуры.

В качестве недостатка раздела следует отметить, что анализ полученных регулировочных характеристик двигателя можно было представить более развернуто.

В пятом разделе разработаны конструктивные и технологические решения по оснащению сельскохозяйственных тракторов газобаллонным оборудованием, выполнены эксплуатационные исследования газодизельного трактора в составе пахотного МТА, выполнена оценка экономической эффективности работы трактора с газодизельным двигателем.

Недостатком раздела является некоторое несоответствие содержания раздела названию «Оценка технико-экономической эффективности использования газодизельного ДВС».

Значимость результатов исследований для науки и практики

Значимость результатов исследований для науки составляют:

- теоретическое и экспериментальное обоснование величины запальной дозы дизельного топлива в газодизельном цикле двигателя сельскохозяйственного трактора;
- теоретические исследования показателей рабочего цикла газодизельного двигателя СМД-18Н трактора ДТ-75М;
- экспериментальная установка и программно-аппаратный комплекс для исследования тракторных ДВС в газодизельном режиме.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ и ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко».

Значимость результатов исследований для практики составляют:

- разработка топливopодающей системы газодизеля на базе тракторного дизеля СМД-18Н, в том числе: общей компоновочной схемы топливopодающей системы, модернизированного всережимного регулятора частоты вращения коленчатого вала двигателя с механизмом минимизации запальной дозы дизельного топлива, электронной системы управления подачей газообразного топлива, заправочных баллонов для КПП, разработанных и изготовленных по предложенной автором инновационной технологии;
- мощностные, топливно-экономические и экологические показатели двигателя, а также эксплуатационные показатели трактора при работе в газодизельном режиме.

Новизна технических и технологических решений подтверждена шестью патентами («Способ восстановления газовых баллонов высокого давления», «Способ изготовления газового баллона высокого давления из композитных полимерных материалов», «Устройство к всережимному регулятору дизельного двигателя», «Ограничитель запальной дозы топлива к всережимному регулятору дизельного двигателя», «Способ регулирования подачи топлива в двигатель внутреннего сгорания», «Установка для исследования работы дизельных двигателей внутреннего сгорания») и двумя свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

Результаты исследований внедрены в СХПК «Дружба» Приднестровской Молдавской Республики.

Рекомендации по использованию результатов исследований

Результаты исследований, представленные в диссертации, рекомендуются отраслям тракторо-, автомобиле- и двигателестроения, с.-х. машиностроения, научным и образовательным организациям, предприятиям АПК, ремонтно-обслуживающим предприятиям, а также всем предприятиям и организациям, эксплуатирующим автотракторную технику.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Научные положения, выносимые на защиту, основываются на результатах теоретических и экспериментальных исследований, полученных лично автором, а также на анализе предшествующих работ, посвященных рассматриваемой проблеме, с широким использованием литературных источников. В работе корректно применены научные методы и подходы, а также учтены ранее полученные результаты научных исследований.

1-й вывод основывается на применении апробированных методик теплового расчета автотракторного дизеля применительно к его работе в газодизельном режиме. Вывод содержит элементы новизны, что подтверждается актами внедрения результатов исследований в учебный процесс по программам высшего образования.

2-й вывод содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию регулировочных параметров газодизельной топливной системы трактора: запальной дозы дизельного топлива в диапазоне от

12 до 15 % от номинальной подачи и установочного угла опережения впрыска топлива 27 град. Достоверность вывода подтверждается применением стандартных методик исследований, использованием современных программных и аппаратных комплексов, а также сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

3-й вывод содержит описание разработанной экспериментальной установки для стендовых исследований газодизельного тракторного двигателя. Достоверность и новизна вывода подтверждаются патентом № 525 ПМР «Установка для исследования работы дизельных двигателей внутреннего сгорания».

4-й вывод содержит сведения о разработанной топливоподающей системе газодизельного двигателя. Достоверность и новизна вывода подтверждаются патентами №№ 227, 294, 451, 524, 525, 540 и свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ №№ 2022661444 и 2022661445.

5-й и 6-й выводы основываются на результатах стендовых исследований тракторного двигателя СМД-18Н при работе в газодизельном режиме. Достоверность выводов подтверждается осциллограммами (индикаторными диаграммами) рабочего процесса двигателя, применением поверенной контрольно-измерительной аппаратуры, использованием апробированных математических методов при обработке экспериментальных данных и оценке погрешностей измерений.

7-й вывод содержит основные результаты исследований газодизельного трактора ДТ-75М в производственных условиях. При максимальной тяговой мощности 42 кВт тяговое усилие трактора на вспашке составило 29,4 кН. Достоверность вывода подтверждается актом внедрения в СХПК «Дружба». Вывод следует считать новым для тракторов ДТ-75М с двигателем СМД-18Н.

8-й вывод основан на результатах оценки экономической эффективности работы трактора с газодизельным двигателем. По сравнению с трактором в штатной комплектации, расчетный годовой экономический эффект составил 144 тыс. руб. на один трактор ДТ-75М. Достоверность вывода основывается на использовании общеизвестной методики оценки эффективности эксплуатации мобильных энергетических средств в сельском хозяйстве в соответствии с ГОСТ Р 53056-2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки».

9-й вывод содержит рекомендации производству по монтажу газобаллонного оборудования и регулировкам топливной аппаратуры при эксплуата-

ции сельскохозяйственных тракторов в газодизельном режиме. Выданные рекомендации основываются на результатах теоретических и экспериментальных исследований, а их достоверность подтверждается актом производственной проверки.

В 10-м выводе определены перспективы дальнейшей разработки темы исследования, заключающиеся в поиске направлений для дальнейшего улучшения технико-экономических показателей газодизельных тракторов.

Замечания по диссертационной работе

1. В подразделах 2.1-2.2 большинство теоретических положений являются общеизвестными (фундаментальными), и описываются в любом учебнике по теории рабочих процессов ДВС. Не понятно, зачем столь подробно их нужно было приводить в диссертации. Такое изложение теоретического материала больше напоминает формат лекции. Автору следовало уделить больше внимания отличительным особенностям методики расчета газодизельного цикла, а также теоретически связать показатели двигателя с эксплуатационными показателями трактора.

2. Одни и те же объекты и понятия называются разными терминами, например «газодизельный двигатель», «газожидкостный дизель», «газодизель с комбинированным смесеобразованием» и др. Считаю, что автору следовало придерживаться единой терминологии по тексту диссертации.

3. При расчете и построении скоростной характеристики двигателя (рис. 2.4) недостает пояснения, как переводили расход газообразного топлива в массовые единицы (кг/ч и г/кВт·ч)?

4. Газодизельные двигатели эксплуатируются достаточно давно и успешно, а применяемые в них устройства ограничения запальной дозы топлива известны из уровня техники. Автор в работе не дает четкого пояснения, в чем состоит «уникальность» разработанного им механизма минимизации запальной дозы по сравнению с существующими аналогами.

5. Из описания работы модернизированного всережимного регулятора частоты вращения не понятно: будет ли в газодизельном режиме изменяться положение рейки ТНВД (и, следовательно, величина массовой часовой подачи дизельного топлива) или рейка будет удерживаться в фиксированном положении с целью обеспечения постоянства подачи?

6. Считаю, что структура диссертации выстроена не совсем удачно: название раздела 5 «Оценка технико-экономической эффективности использования

газодизельного ДВС» не полностью соответствует содержанию по причине того, что подразделы 5.2–5.4 следовало привести в предшествующих разделах.

7. Результатом эксплуатационных исследований должны были быть сравнительные тяговые характеристики трактора в дизельном и газодизельном режимах. Показатели этих характеристик следовало представить в разделе 5.4 более подробно и конкретно. Без этого в работе не достаточно явно просматривается выход на эксплуатационные показатели газодизельного трактора в составе МТА, а именно они представляют наибольший практический интерес.

8. В выводах по работе просматриваются некоторые разночтения, касающиеся рекомендаций по установке угла опережения впрыска топлива. С одной стороны, в выводах 2 и 9 рекомендуется использовать УОВТ, равный 27 град., рекомендованный заводом-изготовителем для дизеля СМД-18Н в штатной комплектации. С другой стороны, в 5-м выводе автор рекомендует уменьшать УОВТ с целью снижения тепловой и механической напряженности двигателя. Чем объясняется такое противоречие?

9. В целом выводы отвечают на поставленные задачи, однако количество пунктов выводов для кандидатской диссертации является завышенным. Без ущерба для работы некоторые пункты можно было объединить.

Завершенность и качество оформления диссертационной работы

В целом диссертационная работа содержит значительный объем теоретических и экспериментальных исследований, отличается высоким уровнем практической реализации, является завершенной и хорошо оформленной, имеются необходимые иллюстрации и таблицы, наглядно показывающие полученные автором результаты исследований. Поставленные в работе задачи выполнены, а выводы обоснованы и достоверны. Отмеченные замечания в целом не снижают научной и практической значимости работы.

Основные положения диссертации достаточно широко апробированы на международных научно-практических конференциях. По теме диссертации опубликованы 32 научные работы, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях по «Перечню ... ВАК». Получено шесть патентов и два свидетельства о регистрации программ.

Структура и содержание автореферата соответствует основным положениям и выводам диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Димогло А.В. на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация «Совершенствование системы питания газодизельных двигателей сельскохозяйственных тракторов» соответствует критериям, изложенным в пунктах 9, 10, 11 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Димогло Анатолий Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент,
доктор технических наук (05.20.01 –
технологии и средства механизации
сельского хозяйства), доцент,
профессор кафедры
«Технический сервис машин»
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

Рыблов Михаил Владимирович

«29» декабря 2022 г.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ)

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

Тел. (8412) 628-359, (8412) 628-579.

Адрес электронной почты: penz_gau@mail.ru

Интернет-сайт: <https://pgau.ru/>