

## «УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт

использования техники и

нефтепродуктов в сельском хозяйстве»,

доктор технических наук, профессор

 Остриков В.В.

21 декабря 2022 г.

## ОТЗЫВ

федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (ФГБНУ ВНИИТиН) на диссертацию Димогло Анатолия Владимировича на тему «Совершенствование системы питания газодизельных двигателей сельскохозяйственных тракторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

### Актуальность темы диссертации

Известно, что количество мобильных транспортных средств, использующих нефтяные моторные топлива, неуклонно растет. Сельскохозяйственная отрасль потребляет около четверти произведённого дизельного топлива. Для удовлетворения возрастающих потребностей в дорогостоящем энергетическом сырье требуется наращивание темпов добычи и переработки нефти, следовательно, продолжится обострение проблемы дефицита нефтяных топлив. В связи с этим в настоящее время все большую актуальность и востребованность приобретают исследования рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания на альтернативных видах топлив.

Развитие технического прогресса в сельскохозяйственном производстве, энергетическое обеспечение прироста продукции не может быть достигнуто за счет дорогостоящих моторных топлив, получаемых из нефти. Альтернативой

может выступить применение природного газа в качестве топлива для тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.

При разработке систем регулирования необходимо обеспечить всережимность регулирования во всем диапазоне нагрузок и частоты вращения двигателя таким образом чтобы переоборудованный газобаллонный трактор обеспечивал сохранение тяговых характеристик в пределах своего класса.

Диссертация Димогло А.В. на тему «Совершенствование системы питания газодизельных двигателей сельскохозяйственных тракторов» посвящена повышению эффективности использования сельскохозяйственных тракторов путем совершенствования системы питания газодизельного двигателя. Для этого обоснован состав комбинированной горючей смеси для газодизельного двигателя сельскохозяйственного трактора, разработана топливоподающая система газодизельного двигателя с комбинированным смесеобразованием и установлены закономерности изменения энергетических показателей газодизельного двигателя от параметров состава комбинированной горючей смеси. Исследование вопросов, касающихся применения природного газа в качестве моторного топлива, представляют большой теоретический и практический интерес, поэтому актуальность и значимость темы не вызывает сомнений.

### **Значимость полученных результатов для развития науки в инженерной сфере агропромышленного комплекса**

В диссертации представлены следующие результаты, обладающие научной новизной: состав комбинированной горючей смеси для газодизельного двигателя сельскохозяйственного трактора, отличающийся минимальным содержанием дизельного топлива при различных режимах работы двигателя; топливоподающая система газодизельного двигателя, отличающаяся наличием устройства подачи запальной дозы дизельного топлива; концептуальная схема компоновки установки и методика испытаний ДВС в газодизельном режиме, отличающиеся программным управлением формирования комбинированной горючей смеси; закономерности изменения энергетических показателей газодизельного двигателя от параметров состава комбинированной горючей смеси.

Теоретическая значимость заключается в установлении закономерностей изменения энергетических показателей газодизельного двигателя от параметров состава комбинированной горючей смеси, обосновании оптимальных параметров системы топливоподачи и величины запальной дозы.

Практическую значимость имеют предложения по использованию разработанного устройства подачи запальной дозы обеспечивающую полную загрузку трактора, оснащенного газодизельным двигателем, в соответствии с его тяговым классом на энергоемких сельскохозяйственных операциях. Результаты исследований позволяют обеспечить устойчивую работу по дизельному и газодизельному процессам без внесения конструктивных изменений в дизельный двигатель и могут быть использованы при проектировании систем питания газодизельных двигателей на заводах-изготовителях, а также на производственных предприятиях, занимающихся переводом работы автомобильных и тракторных дизельных двигателей на природный газ.

### **Оценка содержания диссертации**

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, включающих 41 рисунка и 14 таблиц, заключения, списка литературы, включающего 141 наименования, 10 приложений. Объем диссертации — 193 страницы.

Во введении обоснована актуальность темы, приведена степень ее разработанности, определены объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, изложены теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, отражены личный вклад соискателя, количество публикаций соискателя по теме диссертации, структура и объем диссертационной работы в соответствии с действующими требованиями.

В первой главе обосновываются вид газового топлива и схема конвертирования дизеля в газовый двигатель, рассматриваются проблемы реализации выбранной схемы конвертирования. Сравнительный анализ различных видов газовых топлив, пригодных для применения в ДВС и их физико-химических и моторных свойств. Это отражено в выводах по разделу. Выполненный обзор позволил оценить степень разработанности темы и

сформулировать цель и задачи исследования.

Во второй главе представлены теоретические исследования газотермического процесса в дизельном двигателе, изучен состав рабочего тела в газодизельном двигателе, его влияние на протекание процесса цикла. Определено, что цикл со смешанным подводом теплоты является суммой подвода теплоты при постоянном объеме и постоянном давлении. Проведенный анализ указанных параметров показывает, что термический КПД постоянно растет при увеличении степени сжатия  $\varepsilon$  и показателя адиабаты  $k$ . Установленные зависимости величин, в частности, термический КПД цикла повышается с увеличением степени сжатия  $\varepsilon$  и степени повышения давления  $\lambda$ , увеличение степени предварительного расширения  $\rho$  снижает КПД. Коэффициент  $k$  определяет зависимость  $\eta_t$  от свойств рабочего тела.

Как следует из характеристик, эффективная мощность  $N_e$  двигателя, работающего в обоих режимах (дизель и газодизель), по мере увеличения частоты вращения вначале возрастает, примерно пропорционально частоте вращения, затем, при дальнейшем увеличении частоты вращения и максимальных оборотах, мощность достигает наибольшей величины.

Мощность двигателя в газодизельном режиме при работе на скоростной характеристике будет изменяться пропорционально частоте вращения. Индикаторный КПД двигателя с увеличением частоты вращения возрастает.

Установлено, что параметры скоростной характеристики, полученной экспериментальным путем, подтверждаются исходными данными, установленными регулировкой топливного насоса. Номинальная мощность двигателя, работающего в газодизельном режиме, понижается на 8 – 10 %. Запас крутящего момента двигателя, работающего в дизельном режиме, составляет 8,3 %, работающего в газодизельном режиме – 5 – 6%, что всего на 2,3 – 2,5 % ниже, чем у дизеля. Удельный расход теплоты работы двигателя по газодизельному циклу составляет 9150 – 11550 кДж/кВт·ч, что на 10 – 12 % ниже, чем у дизеля. Удельный расход топлива газодизельного двигателя ниже, чем у дизеля, на 4 – 6 %.

В третьей главе представлены программа экспериментальных исследований, описание экспериментальной установки, методики про ведения исследований и обработки результатов. Программа экспериментальных

исследований включала определение: анализ способов и систем подачи топлива в газодизельном двигателе; разработка устройства подачи запальной дозы в цилиндры двигателя при конвертировании его в газодизель; разработка автоматизированной установки и программного комплекса для исследования газодизельного двигателя.

Исследования проводили в лабораторных условиях на усовершенствованном экспериментальном обкаточно-тормозном стенде КИ-5543–ГОСНИТИ, которая моделирует широкие функциональные возможности за счет расширения потенциала испытания ДВС в режиме «газодизель» и исследования факторов, влияющих на величину и стабильность впрыска оптимизированной величины запальной дозы дизельного топлива с учетом индивидуальных особенностей каждого ДВС. При исследованиях использовали полноразмерный газодизель, созданный на базе дизеля СМД-18Н, обеспечивающего работу в составе экспериментальной установки. Данная установка оснащена системами специальной и стандартной измерительной аппаратурой. Экспериментальные исследования выполнены с использованием стандартных датчиков и аппаратуры согласно ГОСТ 7057–2001.

Особенностью научных исследований явилось то, что для автоматизации исследования газодизельных ДВС, включая изучение динамических характеристик топливных насосов высокого давления автором разработаны аппаратно-программный комплекс «Газодизель +», и Программный комплекс управления впрыском форсункой запальной дозы газодизеля которые осуществляют сбор технических параметров и характеристик, передачу данных на ЭВМ для их последующей обработки. Результаты исследований, полученные программными комплексами в виде осциллограмм, обрабатывались при помощи программного комплекса «Дизель-РК», разработанного в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Это позволило на надлежащем уровне подтвердить экспериментальными данными теоретические выкладки. В результате проведённых исследований было подано 4 заявки и получены патенты на изобретения и свидетельства на две программы ЭВМ.

В четвертой главе представлены: анализ действительного рабочего цикла газожидкостного двигателя; исследования влияния доли замещения газом дизельного топлива; исследование факторов, влияющих на характеристики

дизельного двигателя при работе на КПГ; исследование периода задержки воспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя; влияние угла опережения подачи запальной дозы дизельного топлива.

Приведены результаты сравнительных исследований дизельного двигателя в режиме газодизеля и дизельном режиме. Исследования показали, что энергетические, мощностные и топливные показатели в основном соответствуют параметрам базового двигателя или по отдельным показателям имеет место некоторое снижение. Установлено, что при газодизельном и дизельном рабочем цикле теплотворность горючих смесей не меняется в широких пределах, а имеет место некоторое снижение температуры заряда при подаче газовоздушной смеси (коэффициент  $\alpha = 1,6$  при сравнении с чистым воздухом: коэффициент  $\alpha = 1,8 - 2,2$ ). Имеет место некоторое повышение температуры газа при прохождении его через редуктор высокого давления, связанного с системой охлаждения, рабочая температура которой составляет  $80^{\circ}\text{C}$ , что характеризует идентичность температуры свежего заряда.

Сравнительные характеристики работы двигателя на жидким топливом и газодизельном режиме показали, что мощность падает не более чем на 10 – 12 % по сравнению с жидким топливом. Более высокий коэффициент избытка воздуха при работе в газодизеле приводит к некоторому снижению теплотворности рабочей смеси и уменьшению скорости сгорания, этим подтверждается 10 % снижение мощности двигателя.

Установлено, что температура свежего заряда который характеризуется количеством теплоты, выделяемой при горении топлива в цилиндрах газодизеля, оказывает решающее влияние на процесс его сгорания и, соответственно, на мощностные и экономические показатели работы двигателя, что позволяет снизить расход дорогостоящего дизельного топлива и обеспечить в максимальной степени его замещение более дешевым природным газом.

В пятой главе представлена оценка безопасности применения компримированного природного газа и газобаллонного оборудования; разработана конструктивная схема размещения комплекта баллонов на тракторе и обоснование конструктивных параметров баллонов. Приведены результаты опытно-производственной проверки работы двигателя СМД - 18Н в режиме газодизеля на тракторе ДТ-75М, определена экономическая эффективность

использования тракторов с газодизельным ДВС в условиях сельскохозяйственных работ.

Экономический эффект от использования усовершенствованной системы питания газодизельного двигателя сельскохозяйственного трактора достигается за счет повышения эффективности сгорания гомогенной горючей смеси, а также экономии дорогостоящего дизельного топлива.

В заключении приведены основные выводы, даны рекомендации, обозначены перспективные направления дальнейшей разработки темы.

В приложениях представлены разработанные компьютерные программы и акты внедрения результатов работы в производство и учебный процесс.

### **Качество оформления диссертации, достоверность и апробация результатов**

Диссертация и автореферат диссертации оформлены качественно, написаны грамотно. Структура и оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Результаты получены с применением методов математического анализа, теории трактора (энергетических установок), математического моделирования, апробированных методик экспериментальных исследований.

Достоверность результатов подтверждается методологической базой исследований, проведением системного анализа решаемых задач и применением методов математического моделирования, использованием современных средств вычислительной техники, поверенных измерительных приборов, результатами внедрения в производство.

Результаты диссертационной работы внедрены в СХПК «Дружба» (Приднестровская Молдавская Республика, 2021 г.), а также в учебный процесс ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ им. императора Петра I», ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко».

Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ им. императора Петра I», ГОУ «Приднестровский государственный университет им.

Т.Г. Шевченко», а также на международных, всероссийских и национальных научных конференциях (11 докладов).

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации**

Полученные аналитические зависимости, разработанные компьютерные программы расчета управления механизмом минимизации запальной дозы и расчета оптимизированной работы двигателя внутреннего сгорания рекомендуется использовать конструкторским бюро, которые занимаются разработкой и испытанием ДВС, а также в учебных заведениях среднего и высшего профессионального образования.

Режимы работы системы питания сельскохозяйственных тракторов, обоснованные в диссертации, целесообразно использовать сельскохозяйственным предприятиям, осуществляющим полевые работы при возделывании сельскохозяйственных культур и производстве растениеводческой продукции энергонасыщенными машинно-тракторными агрегатами путем их модернизации.

В качестве рекомендаций считаем целесообразным продолжить дальнейшую разработку темы в направлении: изучение влияния величины впрыска запальной дозы дизельного топлива с целью ее уменьшения, а также снижения затрат на дорогостоящее дизельное топливо и выбросов отработавших газов; поиск оптимальных режимов работы газодизельного двигателя, обеспечивающих максимальный экономический эффект.

### **Замечания по диссертации**

1. Автор очень подробно рассматривает методики проведения исследований, технические характеристики оборудования, методику оформления результатов исследований, которые достаточно широко представлены в технической литературе. Достаточно было бы ограничиться ссылками на источник информации.

2. В диссертационной работе для снижения и экономии дизельного топлива автор применяет в качестве моторного топлива природный газ с его воспламенением от «запальной дозы» дизельного топлива (газодизельный

режим), но нигде при этом не уточняется, как будет меняться смазывающая способность предлагаемого комбинированного топлива.

3. Для использования дизеля по газодизельному циклу, например в тракторе, при взаимной конвертации с газодизельного процесса и обратно одним из главных условий является обеспечение работы и дизеля и газодизеля по всережимной характеристике. Вторым необходимым условием должен быть быстрый перевод работы дизеля с одного вида топлива на другой и обратно. Исходя из этих условий, каким образом будет осуществляться регулирование газодизеля по всережимной характеристике на газодизельном режиме?

4. В работе рассматриваются экологические аспекты, однако хотелось бы подробнее увидеть влияния изменения угла опережения впрыскивания и величины запальной дозы дизельного топлива на содержание оксидов азота и оксидов углерода в отработавших газах при различных режимах работы ДВС.

5. Из описания эксперимента неясно как и с каким интервалом изменялось соотношение дизельное топливо – природный газ для получения стабильности воспламенения комбинированной топливной смеси.

6. Следует уточнить, чем и как контролировалась величина запальной дозы дизельного топлива.

7. Какая аппаратура использовалась автором при снятии индикаторной диаграммы работы ДВС и каковы ее параметры?

## Заключение

Диссертация Димогло Анатолия Владимировича на тему «Совершенствование системы питания газодизельных двигателей сельскохозяйственных тракторов» является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения по повышению эффективности использования сельскохозяйственных тракторов путем совершенствования системы питания газодизельного двигателя, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие сельского хозяйства Российской Федерации.

Считаем, что диссертационная работа соответствует критериям, изложенными в пунктах 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от

24.09.2013 г. № 842, а ее автор Димогло Анатолий Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Диссертация, автореферат диссертации и отзыв ведущей организации рассмотрены на техническом совете ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», протокол № 3 от 20 декабря 2022 года.

Ведущий научный сотрудник лаборатории  
использования моторных топлив  
кандидат технических наук



Корнев Алексей Юрьевич

Почтовый адрес: 392022, Россия, город Тамбов, переулок Ново-Рубежный, д. 28; официальный сайт: [www.vniitin.ru](http://www.vniitin.ru); тел.: +7(4752) 44-64-14, факс +7(4752) 44-62-03; e-mail: [viiit-adm@mail.ru](mailto:viiit-adm@mail.ru).