



УДК 629.33
ГРНТИ 73.31.41

СПОСОБ ПРОДЛЕНИЯ РЕСУРСА ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПОВСЕДНЕВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*А.Е. ЛОМОВСКИХ, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Е.В. НОСОВ, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
С.В. МИТРОФАНОВА
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Разработан способ повышения ресурса военной автомобильной техники путем установки непосредственно на технике в систему питания устройств, позволяющих приготовить и подать высокодисперсную смесь топлива и воды. Использование разработанного способа позволит восстановить основные характеристики двигателя внутреннего сгорания военной автомобильной техники за счет очистки деталей цилиндро-поршневой группы и газораспределительного механизмов. Описаны устройства для реализации разработанного способа, использование которых позволит повысить ресурс двигателя, а также топливной аппаратуры за счет уменьшения образования твердых частиц (нагара) и лаковых пленок на деталях в камере сгорания и топливном насосе высокого давления.

Ключевые слова: безразборный способ очистки от нагара, водно-топливная эмульсия, капля воды, камера сгорания, цилиндрико-поршневая группа, двигатель внутреннего сгорания, ресурс двигателя.

A MILITARY AUTOMOTIVE EQUIPMENT OVERHAUL-PERIOD RENEWAL METHOD IN DAY-TO-DAY RUNNING

*A.E. LOMOVSKIKH, Candidate of Technical sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
E.V. NOSOV, Candidate of Technical sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
S.V. MITROFANOVA
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

A method has been developed to increase the resource of military automotive equipment by installing devices directly on the equipment in the power system that allow preparing and feeding a highly dispersed mixture of fuel and water. Using the developed method will restore the main characteristics of the internal combustion engine of military automotive equipment by cleaning the parts of the cylinder-piston group and gas distribution mechanisms. Devices for implementing the developed method are described, the use of which will increase the engine service life, as well as fuel equipment by reducing the formation of solid particles (carbon) and varnish films on parts in the combustion chamber and high-pressure fuel pump.

Keywords: cleaning from carbon non-selective method, water-fuel emulsion, water drop combustion chamber, cylinder-piston group, internal combustion engine, engine service life.

Введение. Современные тенденции в конструировании двигателей внутреннего сгорания (ДВС) военной автомобильной техники (ВАТ) предприятиями оборонно-промышленного



комплекса определяются стремлением к форсированию новых типов двигателей за счет увеличения среднего эффективного давления. В результате форсирования двигателей наблюдается существенный рост температурного и нагрузочного режимов работы их деталей. Высокотемпературный режим работы ДВС наиболее опасен с точки зрения нагаров и лаков на деталях цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) и закоксовывания поршневых колец.

В настоящее время в связи с перевооружением ВАТ на дизельные ДВС, а также их форсированием и реализацией многотопливности ученые активно занимаются проблемой образования нагара, ставшего серьезным препятствием на пути дальнейшего развития дизельных двигателей [1].

Актуальность. Разработан способ повышения ресурса ВАТ путем установки в системе питания устройств, позволяющих приготовить и подать в камеру сгорания ДВС дешевый очищающий, технический состав. Базовые принципы технического обслуживания и ремонта ВАТ, представленные в [2] не предусматривают проведение работ по очистке нагара с деталей ЦПГ ДВС с целью повышения их ресурса. Поэтому на сегодняшний момент важным направлением исследований в этой области является продление ресурса ДВС до капитального ремонта, так как из-за низкого качества запчастей и моторного топлива этот показатель сегодня резко снижается. В работе проводится анализ процессов, происходящих в цилиндрах ДВС, который показывает, что находящиеся в моторном топливе, тяжелые фракции углеводородов при такте «рабочий ход» полностью не сгорают, из-за чего на стенках цилиндра двигателя образуется нагар. Он образуется в виде смолянистых отложений, которые со временем нарастают в виде твердого слоя и уплотняются за счет высокой температуры [3].

В связи с этим основной причиной повышенного износа деталей ЦПГ двигателя является нагар, образующийся на деталях вследствие неполного сгорания горючей смеси. Его образованию также способствует содержание большого количества нагарообразующих присадок в моторном топливе. Отложение нагара на деталях ДВС приводит к ухудшению их теплоотдачи и сокращению срока службы всех деталей ЦПГ. В связи с низким качеством моторного топлива особенно дизельного, содержащиеся в нем тяжелые фракции углеводородов из-за низкой испаряемости плохо сгорают в камере сгорания двигателя. Поэтому на деталях ЦПГ и газораспределительного механизма также со временем образуются смолисто-лако-коксовые отложения.

Следует отметить, что нагар содержит целый комплекс веществ с различной степенью окисления и карбонизации. Со временем данные вещества накапливаются на днище, головке и юбке поршня, в канавках поршневых колец, на клапанах и внутренних стенках камеры сгорания. Все это приводит к тому, что происходит снижение теплообмена от деталей к охлаждающему контуру, то есть они перегреваются и дополнительно расширяются. Затем залегают поршневые кольца, что приводит к снижению компрессии в цилиндрах ДВС и увеличению расхода масла, из-за того, что маслосъемное кольцо пропускает масло в камеру сгорания, где оно сжигается, образуя дополнительный нагар на деталях. В конечном итоге все перечисленное приводит к снижению эффективности работы ДВС, увеличению им расхода топлива, масла, резкому снижению мощности двигателя и необходимости в дорогостоящем ремонте ДВС. Поэтому смолисто-лако-коксовые отложения не только ухудшают рабочие характеристики ДВС, но и вызывают его преждевременный износ, а также снижают его ресурс до капитального ремонта. В связи с этим при проведении сезонного технического обслуживания (СТО) ВАТ необходимо производить работы, связанные с удалением нагара со стенок деталей ЦПГ и газораспределительного механизма. Эти операции требуют полной разборки двигателя, поэтому их не производят при СТО, а выполняют только при капитальном или текущем ремонте (при необходимости). Выполнение очистки деталей от нагара при СТО, когда его слой еще не большой, позволит существенно увеличить объем камеры сгорания, обеспечит лучшее скольжение поршневых колец по зеркалу цилиндра, повысит компрессию в цилиндрах ДВС и восстановит его рабочие параметры до требуемых.

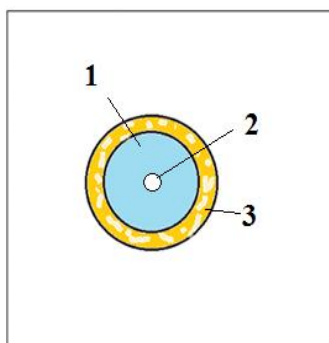


Существующие на сегодняшний момент безразборные способы очистки деталей ДВС от нагара предполагают залив очищающего агента (химических препаратов) в топливный бак. При этом минимальное количество добавляемого агента зависит от толщины нагара, о котором судят по данным диагностического осмотра ДВС, проводимого с помощью видеозендоскопа. Такие очищающие составы имеются в продаже под различными торговыми марками, но стоимость их очень высокая, а как показывают тесты, описываемые в журнале «За рулем», эффективность их очень низкая. В состав данных очищающих агентов в основном входят сильно действующие вещества, которые могут негативно влиять на детали ДВС. Поэтому их использование может привести к необратимым последствиям для деталей ДВС и в конечном итоге к дорогостоящему ремонту.

Основным недостатком данных очищающих агентов является то, что они не позволяют произвести полную очистку деталей ДВС, в частности очистку поршневого кольца и канавок под них, поскольку доступ топлива в эту зону не производится. Эти агенты также не обладают способностью к удалению застарелого нагара, накопившегося в канавках под поршневыми кольцами, так как эти отложения носят кислый характер. Поэтому имеющиеся в продаже очищающие составы не обеспечивают полное удаление нагара и восстановление компрессии в цилиндрах ДВС. Также при использовании таких химических препаратов не исследован процесс интенсивности откалывания и размеров частиц нагара, образующихся при воздействии данных очищающих агентов. С уверенностью можно сказать, что при таком способе очистки нагара могут откалываться очень большие его частицы. По своему составу данные частицы очень твердые и при попадании их между поршнем и гильзой цилиндра они работают как абразив. Даже попадание всего нескольких таких частичек в зону трения поршня и цилиндра приведет к очень серьезным последствиям. И это очень серьезный недостаток при использовании данных очищающих агентов, который возможно устранить путем предварительного размягчения твердого, застарелого нагара, а также различные препараты химического состава или народным способом – залив на несколько часов обычный керосин. Таким образом, при использовании данного способа очистки необходимо разработать технологию по его применению с учетом описанных факторов, что требует проведения целого ряда экспериментальных исследований [4].

Цель статьи – продление ресурса ДВС за счет очистки деталей ЦПГ от нагара, без использования разборки двигателя, путем применения дешевого способа очистки за счет его работы на водно-топливной эмульсии (ВТЭ), которую предлагается приготавливать с помощью специальных устройств и подавать в штатную систему питания ДВС непосредственно на ВАТ, не выводя ее из повседневной эксплуатации.

Похожие исследования уже проводились многими учеными и доказано, что при малых количествах воды в топливе (до 20 %) ее влияние на основные показатели физико-химического состава моторного топлива незначительные. При этом цетановые числа дизельных топлив снижаются из-за уменьшения температуры факела распыливания дизельного топлива, вызванного испарением воды. Капля ВТЭ, состоящая из воды и имеющая внутри газовый пузырек, а снаружи покрытая тяжелыми фракциями углеводородного топлива в камере сгорания из-за высокой температуры (до 600 °С), мгновенно нагревается. При этом внутренняя часть капли воды превращается в перегретый пар, а оболочка капли ВТЭ, состоящая из тяжелых фракций углеводородного топлива, продолжает оставаться еще в жидком состоянии, так как температура их закипания выше 250 °С. В связи с этим в камере сгорания уже при температуре выше 100 °С происходит вскипание капли водной фазы, переход ее в газообразное состояние. При этом пар с большой скоростью движется хаотично и ударяется о поверхность нагара. Вначале постепенно размягчая его, а затем и разрушая. Такая особенность горения ВТЭ, способствует разрушению нагара за счет происходящих «микровзрывов». Возникший «микровзрыв» капли воды 1 (рисунок 1) дробит наружную оболочку частиц ВТЭ, состоящую из тяжелых фракций жидкого углеводородного топлива 3, негативно влияющих на процесс сгорания топлива.



1 – вода; 2 – газовый пузырек; 3 – тяжелые фракции углеводородного топлива

Рисунок 1 – Принципиальная схема капли ВТЭ

После этого за счет хаотичного движения капель пара происходит вторичное распыление и дробление фракций жидкого углеводородного топлива, что способствует улучшению процесса смешивания топлива и воздуха, а также повышению полноты сгорания топливной смеси в цилиндрах двигателя. Такая особенность горения капель ВТЭ позволяет, при работе ДВС на такой эмульсии, исключить возможность дальнейшего образования нагара из-за полноты сгорания всего состава рабочей смеси, особенно разрушенных тяжелых фракций моторного топлива. Затем отколотые размягченные частицы нагара удаляются из цилиндра двигателя через выхлопную систему без каких-либо последствий для деталей ЦПГ ДВС. Также при работе ДВС, на ВТЭ, снижается содержание вредных веществ, содержащихся в отработавших газах. Время работы ДВС на ВТЭ зависит от толщины нагара на деталях двигателя, чем больше толщина нагара (которая зависит от величины пробега автомобиля), тем больше должно быть содержание воды в ВТЭ и дольше продолжительность его работы на ней.

Следует выделить преимущества ВТЭ по сравнению с другими компонентами: низкая стоимость ВТЭ; физическое воздействие паров воды на рабочую смесь из-за которого происходит первичное и вторичное распыление топлива; химическая активность воды.

Исследования показали, что вода является очень дешевым компонентом для ВТЭ, позволяющая снизить не только цикловые показатели давления в цилиндре ДВС, но и существенно уменьшить температуру в камере сгорания. Также проявляется химическая активность водной фазы, которая выражается следующими химическими реакциями.

Первый случай, при котором коэффициент избытка воздуха $\alpha > 1$:

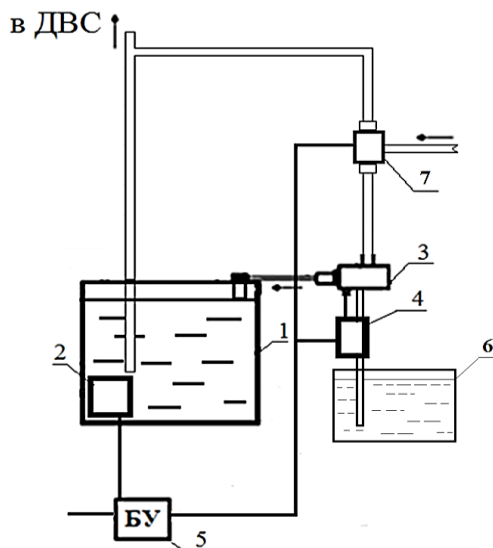


Второй случай, при котором коэффициент избытка воздуха $\alpha < 1$:



Здесь следует отметить, что тепло затраченное при горении на процесс нагрева капель ВТЭ и непосредственно воды, компенсируется энергией сгорания образовавшегося водорода (H_2), как дополнительного топлива для ДВС. Поэтому это может выступать в качестве доказательства того, что добавка воды в камеру сгорания ДВС до 20 % в виде ВТЭ существенно не влияет на работу ДВС и на процессы, связанные с коррозией деталей ЦПГ, газораспределительного механизма и элементов системы выпуска отработавших газов ДВС [5].

На основе всего перечисленного выше был разработан способ приготовления ВТЭ с дальнейшей подачей такого топлива в систему питания ДВС. Разработанный способ реализуется с помощью устройств, схема компоновки которых показаны на рисунке 2.



1 – емкость; 2 – перемешивающий аппарат; 3 – дозатор;
4, 7 – управляемые клапаны; 5 – блок управления; 6 – бак для воды

Рисунок 2 – Устройство для приготовления и подачи ВТЭ в ДВС

Новизна данного устройства заключается в том, что введена емкость (1), снабженная перемешивающим аппаратом (2), имеющим входной штуцер с ограничителем уровня жидкости и выходной штуцер с обратным клапаном, дозатором (3) с двумя входными штуцерами, первый штуцер которого через двухканальный управляемый клапан (7) соединен с каналом подачи топлива, а второй через управляемый клапан (4) с каналом подачи технической жидкости из бака 6, соответственно. Выход смесителя соединен с входным штуцером емкости (1), а также блок управления (5), вход которого является техническим, первый выход блока управления (5) соединен с перемешивающим аппаратом (2), а второй выход с управляемыми клапанами (4) и (7).

При этом жидкий компонент, представляет собой дистиллированную воду, приготовленный на предлагаемом устройстве, поступает в камеру сгорания двигателя. В камере сгорания происходит нагрев капли воды, которая мгновенно превращается в пар, путем взрыва, при этом капли воды с большой скоростью ударяются о поверхность нагара постепенно разрушая его. Разрушенные микрочастицы нагара, настолько малы, что без последствий для деталей удаляются из камеры сгорания через штатную выпускную систему ДВС, которая на рисунке 2 не показана [6].

Разработанное устройство встраивается параллельно штатной системе – между топливным баком и штатным топливным насосом и работает следующим образом:

Режим 1. В этом режиме обычное топливо из топливного бака через управляемый двухканальный клапан (7) подается штатным топливным насосом в систему питания ДВС, когда двигатель работает на чистом топливе при его пуске и прогреве.

Режим 2. При прогреве ДВС до рабочей температуры блок управления (5) получает информацию от штатного датчика температуры и при температуре двигателя 95 °С открывает канал двухканального клапана (7) подачи топлива в устройство, а также закрывает канал подачи топлива в ДВС и включает перемешивающий аппарат (2). При этом топливо поступает в дозатор (3), в котором за счет струи топлива автоматически забирается необходимое количество воды. Полученный в дозаторе (3) жидкий компонент (смесь топлива и воды) грубой дисперсности поступает в емкость (1). Далее в емкости (1) жидкий компонент перемешивается аппаратом (2), где он дробится уже до тонкой дисперсности, циркулируя по кругу. Затем жидкий компонент в виде высокодисперсной ВТЭ из емкости (1) подается в систему питания ДВС ее штатным топливным насосом [7].



Следует отметить, что дозатор, представляет собой струйно-кавитационный эжектор. При прохождении через активное сопло эжектора струя топлива выбрасывается под давлением в диффузор, а создаваемое при этом разрежение в камере всасывания засасывает нужное количество воды. Процесс кавитации, образующийся в диффузоре, обеспечивает приготовление жидкого компонента из смеси топлива и воды грубой дисперсности [8].

Конструкция перемешивающего аппарата, позволяет за счет воздействия кавитационных процессов, происходящих в нем, получить ВТЭ с размерами капель воды уже до 2 мкм, как показано на рисунке 3.

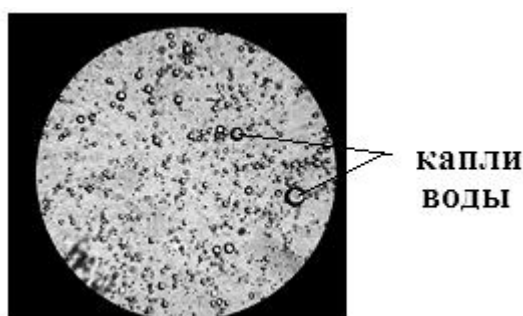


Рисунок 3 – Внешний вид капель воды под микроскопом

Разработанное устройство для безразборной очистки ЦПГ ДВС сочетает в себе совокупность не сложных и технически подобранных элементов, которое промышленно применимо, так как для его реализации могут быть частично использованы промышленно выпускаемые и общедоступные детали.

Затем полученная с помощью описанной выше установки ВТЭ, внешний вид которой представлен на рисунке 4, испытывалась на стенде с дизельным двигателем ЯМЗ-236. Данная ВТЭ подавалась в систему питания ДВС ЯМЗ-236 с помощью штатного топливного насоса.



Рисунок 4 – Внешний вид емкости с водно-топливной эмульсией

Цель проведенных исследований заключалась в определении часового расхода топлива и устойчивости работы дизельного двигателя на полученной ВТЭ. В связи с этим экспериментальные исследования проводились в три этапа. На I этапе производился запуск ДВС на дизельном топливе и определялся часовой расход топлива. На II этапе осуществлялся запуск ДВС уже на ВТЭ и определялась устойчивость его работы в зависимости от процентного содержания воды. На III этапе определялся часовой расход ДВС на обычном топливе и на ВТЭ при одинаковом положении топливной рейки ТНВД.



Рисунок 5 – Внешний вид испытательного стенда

Также сравнивался внешний вид выхлопных газов при работе на обычном дизельном топливе, которые имели цвет темно-синий, с выхлопными газами при работе на ВТЭ, которые изменяли свой цвет на белый. Данный факт свидетельствовал о снижении токсичности выхлопных газов и появлении в них паров воды при работе на ВТЭ [8].

На следующем этапе исследований был создан опытный образец, состоящий из четырех блоков, смонтированных в свободном месте автомобиля КАМАЗ-5320 и соединенных между собой гибкими резиновыми шлангами. На рисунке 6 представлена компоновка устройств на автомобиле КАМАЗ-5320.

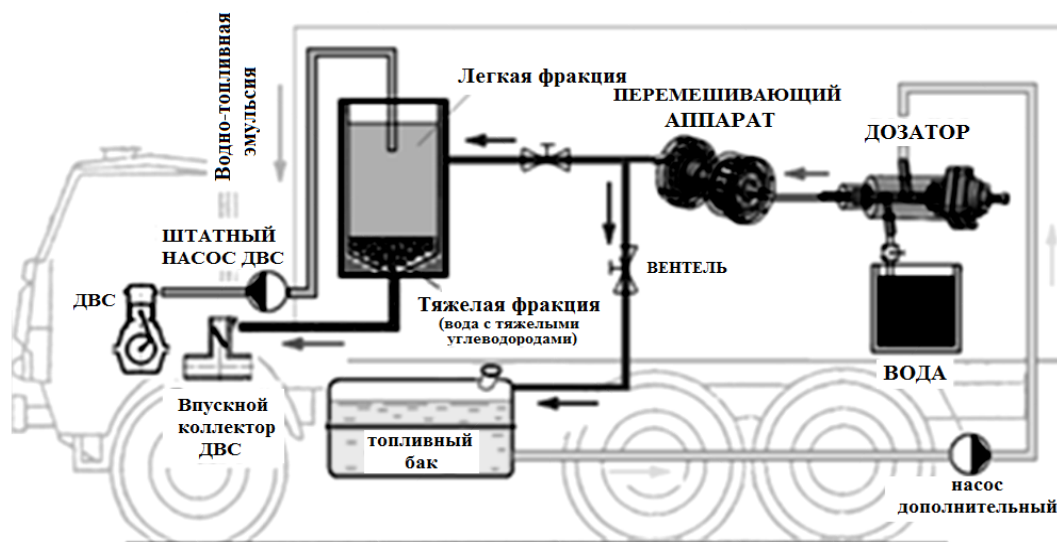


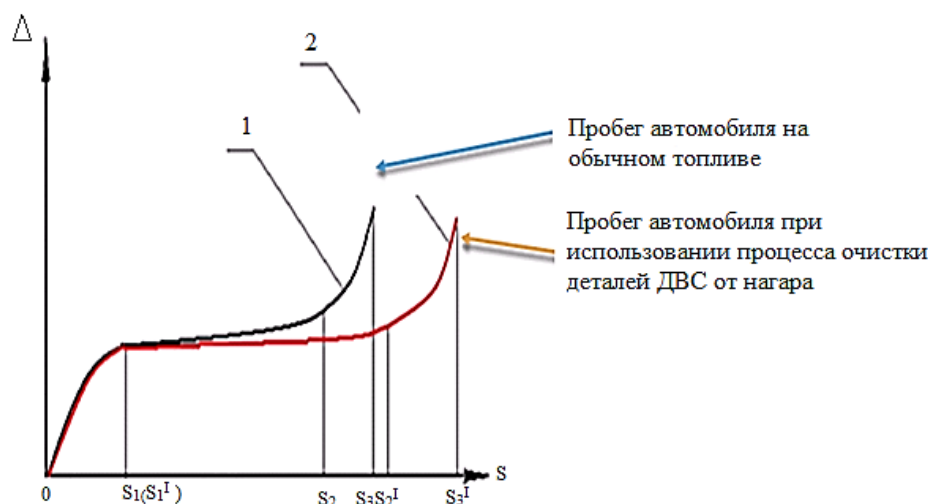
Рисунок 6 – Схема компоновки блоков на автомобиле КАМАЗ-5320

Частичная разборка двигателя и замер толщины нагара на днище поршня показали, что толщина нагара на поршне снизилась на 80 %, а в зоне поршневых канавок до 65 %, что обеспечило повышение компрессии в цилиндрах до 10 %.

Таким образом, при работе двигателя на ВТЭ за сравнительно короткий период времени (50...60 моточасов) произошло разрушение нагара, удаление его через систему выпуска ДВС без применения разборки двигателя и без последствий для деталей ЦПГ.



Анализ зависимости, приведенной на графике (рисунок 7), показывает, что пробег автомобиля КАМАЗ-5320 до предельного состояния с использованием процесса очистки деталей ДВС от нагара путем подачи ВТЭ в систему питания двигателя увеличивается до 40 %.



1 – зависимость Δ от S при эксплуатации ДВС только на чистом топливе; 2 – зависимость Δ от S с использованием процесса очистки деталей ДВС, при *сезонном обслуживании*, путем подачи ВТЭ; $0S_1$ ($0S_1^I$) – пробег автомобиля при обкатке ДВС; S_1S_2 ($S_1^I S_2^I$) – пробег автомобиля при нормальном режиме работы ДВС; S_2S_3 ($S_2^I S_3^I$) – пробег автомобиля при предельном режиме работы ДВС

Рисунок 7 – График зависимости износа ЦПГ (Δ) ДВС от пробега автомобиля (S)

Для определения влияния состава и дисперсности ВТЭ на эксплуатационные и экологические показатели ДВС данный процесс был смоделирован с помощью полно факторного элемента.

В результате моделирования были получены математические зависимости (уравнения регрессии второго порядка), которые определяют зависимости между входными и выходными факторами исследуемого процесса:

$$Y_{g_e} = 430,7 - 7,9x_1 + 12,6x_2 - 10,83x_3 + 10,9x_1x_2 + 18,1x_1x_3 + 10x_2x_3 \dots + 4,3x_1^2 - 0,2x_2^2 + 4,6x_3^2, \quad (3)$$

$$Y_{CO} = 3,4 - 0,3x_1 + 0,12x_2 - 0,17x_3 - 0,43x_1x_2 - 0,02x_1^2 + 0,02x_2^2 + 0,008x_3^2, \quad (4)$$

$$Y_{CH} = 891,29 - 99,8x_1 + 21,07x_2 - 33,9x_3 + 6,43x_1^2 + 3,49x_2^2 + 17,22x_3^2. \quad (5)$$

На основании анализа уравнений регрессии (3–5), когда два входных фактора остаются на нулевом уровне, а третий изменяется от нижнего до верхнего уровня были построены графики зависимостей удельного расхода топлива (g_e), содержания угарного газа (CO) и углеводородов (CH) в зависимости от содержания воды в топливе – C_w , диаметра капель воды в ВТЭ – d_k и угла опережения впрыска топлива ДВС – $\theta_{o.з.}$ и определены состав и дисперсность ВТЭ, обеспечивающих получение минимальных значений g_e , CO и CH . Минимальные значения эксплуатационных и экологических показателей ДВС определялись по уравнениям (2–4) с помощью разработанной программы «Эмульсия» [9].

В результате были получены режимы эксплуатации устройства для приготовления и подачи ВТЭ в ДВС, представленные в таблице 1.



Таблица 1 – Режимы эксплуатации устройства для приготовления и подачи ВТЭ в ДВС

| Исследуемые факторы | Минимальный удельный расход топлива g_e , г/ кВт/ч | | Минимальное содержание CO в ОГ ДВС, % | | Минимальное содержание $сажи$ в ОГ ДВС, млн-1 | |
|----------------------|--|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| | Кодированные обозначения | Натуральные значения | Кодированные обозначения | Натуральные значения | Кодированные обозначения | Натуральные значения |
| C_e (%) | +1 | 17 | +1,682 | 20 | +1,682 | 20 |
| d_k (мкм) | -1,682 | 2 | -1,682 | 2 | -1,682 | 2 |
| $\theta_{в.т.}$ (10) | +1 | 8 | +1 | 8 | +1 | 13 |

При этих режимах количество добавляемой в топливо воды должно составлять до 20 % с размерами капель воды в ВТЭ не более 2 мкм, а угол опережения впрыска топлива должен быть около 13 градусов.

Выводы. Предлагаемый способ является универсальным и подходит как для бензиновых, так и дизельных ДВС и может быть реализован непосредственно на технике без существенного изменения конструкции штатной системы питания и мощностных характеристик двигателя.

Предлагается приготовление ВТЭ с добавлением водной фазы осуществлять без применения дорогостоящей эмульгирующей системы непосредственно на технике, сразу ее израсходовать, не дав ей расслоиться. При этом разработанные образцы устройств монтируются в любом свободном месте подкапотного пространства ВАТ и соединяются между собой гибкими резиновыми топливопроводами. В качестве емкостей для воды можно использовать стандартные бачки, например, бачок омывателя лобового стекла.

Использование при повседневной эксплуатации ВАТ, особенно в полевых условиях, разработанных устройств для безразборной очистки деталей ЦПГ двигателя от нагара, позволит повысить ресурс ДВС. Также увеличит ресурс топливной аппаратуры за счет уменьшения образования твердых частиц (нагара) и лаковых пленок на деталях в камере сгорания и топливном насосе высокого давления. Это становится актуально в связи с очень высокой стоимостью деталей ДВС и особенно топливного насоса высокого давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новичков М. Ю. Совершенствование рабочего процесса газодизеля. Санкт-Петербург, 2004. 145 с.
2. Ломовских А.Е., Илларионов В.В., Капустин Д.Е., Сысоев И.П. Испытания ДВС с системой приготовления и подачи ВТЭ с дисперсной фазой на основе воды. // Сборник материалов докладов по итогам Всероссийской НПК (29-30 ноября 2011 года), Ч. 3. Воронеж: ВАИУ, 2011. С. 133–134.
3. Илларионов В.В., Ломовских А.Е., Капустин Д.Е., Сысоев И.П. Улучшение экологических и экономических характеристик ДВС средств наземного обслуживания воздушных судов // Высокие технологии в экологии. Докл. 14-ой межрегиональной НПК (20-21 мая 2010 года). Воронеж: Научный вестник ВГСТУ, 2011. С. 205–209.
4. Yu. V. Vorobiev, N.A. Voronin, A.E. Lomovskikh, A.V. Dunaev. The Unique Composition and Stability of Water-Fuel Emulsion. Global Journal of Engineering Sciences. ISSN: 2641-2039. DOI:10.33552/GJES.2019.02.000540. Iris Publishers. 2019. P. 29–38.
5. Томилов А.А. Струйно-кавитационный эжектор для модернизации системы питания двигателя внутреннего сгорания // «Наукоемкие технологии» Международный научно-технический журнал, № 8. Т. 18. 2017 г. С. 34–40.
6. Пат. 2498094 Российская Федерация, МПК 7 F 02B47/02. Способ обработки углеводородного топлива для двигателя внутреннего сгорания / А.Е. Ломовских, В.П. Иванов,



Д.Е. Капустин и др.; заявитель ВУНЦ ВВС «ВВА». № 2011133257/06 опубл. 10.11.2013. Бюл. № 12. 8 с.

7. Пат. 2469199 Российская Федерация, МПК 7 F 02B47/02. Устройство для обработки углеводородного топлива /А.Е. Ломовских, В.П. Иванов, Д.Е. Капустин и др.; заявитель ВУНЦ ВВС «ВВА». № 2011132517/06 опубл. 10.12.2012. Бюл. № 6. 7 с.

8. Ломовских А.Е. Способ и устройства для обработки углеводородного топлива // Журнал «Сельский механизатор» № 3, 2017. С. 35–36.

9. Ломовских А.Е. Программный продукт «Эмульсия» / Илларионов В.В., Кукарских Л.А. и др. // Протокол № 687 от 06.07.2010 г. Воронеж: ВГТУ, 2010.

REFERENCES

1. Novichkov M. Yu. Sovershenstvovanie rabocheho processa gazodizelya. Sankt-Peterburg, 2004. 145 p.

2. Lomovskih A.E., Illarionov V.V., Kapustin D.E., Sysoev I.P. Ispytaniya DVS s sistemoy prigotovleniya i podachi VT'E s dispersnoj fazoj na osnove vody. // Sbornik materialov dokladov po itogam Vserossijskoj NPK (29-30 noyabrya 2011 goda), Ch. 3. Voronezh: VAIU, 2011. pp. 133–134.

3. Illarionov V.V., Lomovskih A.E., Kapustin D.E., Sysoev I.P. Uluchshenie `ekologicheskikh i `ekonomicheskikh harakteristik DVS sredstv nazemnogo obsluzhivaniya vozdushnyh sudov // Vysokie tehnologii v `ekologii. Dokl. 14-oj mezhregional'noj NPK (20-21 maya 2010 goda). Voronezh: Nauchnyj vestnik VGSTU, 2011. pp. 205–209.

4. Yu.V. Vorobiev, N.A. Voronin, A.E. Lomovskikh, A.V. Dunaev. The Unique Composition and Stability of Water-Fuel Emulsion. Global Journal of Engineering Sciences. ISSN: 2641-2039. DOI:10.33552/GJES.2019.02.000540. Iris Publishers. 2019. pp. 29–38.

5. Tomilov A.A. Strujno-kavitacionnyj `ezhektor dlya modernizacii sistemy pitaniya dvigatelya vnutrennego sgoraniya // «Naukoemkie tehnologii» Mezhdunarodnyj nauchno-tehnicheskij zhurnal, № 8. T. 18. 2017 g. pp. 34–40.

6. Pat. 2498094 Rossijskaya Federaciya, МПК 7 F 02B47/02. Sposob obrabotki uglevodorodnogo topliva dlya dvigatelya vnutrennego sgoraniya / A.E. Lomovskih, V.P. Ivanov, D.E. Kapustin i dr.; zayavitel' VUNC VVS «VVA». №2011133257/06 opubl. 10.11.2013. Byul. № 12. 8 p.

7. Pat. 2469199 Rossijskaya Federaciya, МПК 7 F 02B47/02. Ustrojstvo dlya obrabotki uglevodorodnogo topliva /A.E. Lomovskih, V.P. Ivanov, D.E. Kapustin i dr.; zayavitel' VUNC VVS «VVA». №2011132517/06 opubl. 10.12.2012. Byul. № 6. 7 p.

8. Lomovskih A.E. Sposob i ustrojstva dlya obrabotki uglevodorodnogo topliva // Zhurnal «Sel'skij mehanizator» № 3, 2017. p. 35–36.

9. Lomovskih A.E. Programmnyj produkt «`Emul'siya» / Illarionov V.V., Kukarskih L.A. i dr. // Protokol № 687 ot 06.07.2010 g. Voronezh: VGTU, 2010.

© Ломовских А.Е., Носов Е.В., Митрофанова С.В., 2020

Ломовских Александр Егорович, кандидат технических наук, доцент кафедры (автомобильной подготовки), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, lomovskih1979@yandex.ru.

Носов Евгений Викторович, доцент кафедры (автомобильной подготовки), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, nosovzhenya.80@mail.ru.

Митрофанова Светлана Викторовна, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией ВВС), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, mitrofanovas85@mail.ru.