

УДК 621.436

ОЗОНАЦИЯ ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВС АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Вадим Геннадьевич Кубасов¹

аспирант

vgkubasov@yandex.ru

Юрий Викторович Родионов¹

доктор технических наук, профессор

rodionow.u.w@rambler.ru

Дмитрий Вячеславович Никитин¹

кандидат технических наук, доцент

vacuum2008@yandex.ru

Иван Сергеевич Филатов²

кандидат технических наук, доцент

ridder@mail.ru

¹Тамбовский государственный технический университет

²Приборостроительный колледж

г. Тамбов, Россия

Аннотация. Представлен анализ современных исследований, посвященных применению озонирования воздушной смеси в двигателях внутреннего сгорания. Результаты анализа демонстрируют перспективность использования озона для повышения эффективности сгорания топлива, снижения расхода топлива, а также уменьшения выбросов углеводородов и угарного газа, особенно в режимах работы с обедненными смесями. Рассмотрены особенности влияния озона на выбросы NOx и дымность, требующие дальнейшего изучения. Авторами предложена конструктивно-

технологическая схема устройства озоновоздушной подготовки для автотракторных ДВС, предусматривающая интегрированное использование малогабаритного озонатора.

Ключевые слова: дизельный двигатель, озоновоздушная подготовка, анализ, сгорание топлива, снижение расхода, уменьшения вредных выбросов, повышение эффективности.

Современное сельское хозяйство характеризуется стабильным ростом парка автотракторной техники, оснащенной дизельными двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Это обуславливает необходимость оптимизации их работы, повышения эффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Система подачи воздуха в дизельный ДВС играет критически важную роль в обеспечении эффективного и стабильного функционирования двигателя. Качество воздухоподготовки оказывает непосредственное влияние на основные показатели ДВС, включая мощность, экономичность, и, что особенно важно в контексте современных экологических требований, токсичность отработавших газов.

В условиях ужесточения экологических норм, ориентированных на снижение выбросов парниковых газов и вредных веществ, а также растущей потребности в переходе к устойчивым способам ведения сельского хозяйства, разработка и внедрение инновационных технических решений для систем подачи воздуха в ДВС представляется особенно актуальной задачей.

Целью работы является обоснование целесообразности внедрения технологии озонации воздушной смеси в систему подачи воздуха дизельного ДВС автотракторной техники для повышения его эксплуатационных характеристик.

В основе исследования лежит анализ научно-технической литературы, посвященной вопросам совершенствования систем воздухоподготовки дизельных двигателей и влияния озона на процессы горения.

Авторами статьи, посвященной исследованию влияния озонвоздушной смеси (ОВС) на дизельный двигатель Д-240, было зафиксировано снижение часового расхода топлива на 3,3% при концентрации ОВС 60 мг/м³. Данный результат, полученный в соответствии с требованиями ГОСТ 14846-81, указывает на потенциал озонации воздушной смеси для улучшения топливной экономичности дизельных двигателей [1].

В исследовании, посвященном адаптивной системе озонирования воздуха для ДВС автомобиля, структурные и схемные изменения системы управления импульсным источником электропитания частотно-регулируемого озонатора позволили увеличить КПД устройства за счет уменьшения числа силовых элементов и снижения потерь энергии на переключение, а также уменьшить масса-габаритные размеры за счет сокращения числа силовых компонентов [2].

В результате экспериментальных исследований, описанных в статье [3], было установлено, что использование озоновоздушной смеси в двигателе внутреннего сгорания автомобиля ГАЗ-52 способствует более полному сгоранию топлива, что приводит к уменьшению образования нагара и сажи в цилиндрах и на свечах зажигания.

Полученные авторами статьи [4] результаты показали, что введение озона вместе с впускным воздухом приводит к снижению выбросов NOx и уменьшению дымности отработавших газов. Авторы отмечают, что для более точной оценки работы двигателя необходимы дальнейшие исследования с использованием различных концентраций озона и разных точек его подачи.

Исследование влияния добавления озона во впускной воздух на процесс сгорания в двигателе с воспламенением от сжатия, проведенное с использованием дизельного двигателя CFR, показало улучшение характеристик горения. Добавление озона, например, увеличивает цетановое число на 2-4 единицы и снижает предел воспламенения по степени сжатия на 1-2 единицы, в зависимости от типа используемого топлива и условий эксплуатации [5]. В отношении выбросов было отмечено небольшое снижение CO, углеводородов и твердых частиц, а также незначительное увеличение NOx при фиксированных условиях работы двигателя.

Авторами работы [6] являлось изучение влияния использования озонированного воздуха на достижение стабильного и эффективного сгорания обедненных смесей в бензиновом двигателе с искровым зажиганием. Для моделирования сжатия, сгорания и расширения в двигателе использовалась

вычислительная гидродинамика (CFD). Параметрический анализ, проведенный при трех значениях частоты вращения двигателя (800, 1000 и 1200 об/мин), трех различных концентрациях озона на закрытии впускного клапана и двух коэффициентах избытка воздуха, показал, что озон активизирует реакции в режиме низкотемпературного сгорания изменяет химический состав смеси и склонность к самовоспламенению. В частности, добавление озона к топливно-воздушной смеси снижает продолжительность сгорания, что приводит к увеличению полезной работы и снижению удельного расхода топлива. Преимущество использования озона более выражено для обедненных смесей, чем для смесей, близких к стехиометрическим.

Анализ представленных научных работ демонстрирует перспективность использования озонации воздушной смеси в двигателях внутреннего сгорания для повышения эффективности и снижения вредных выбросов. Исследования показывают, что добавление озона способствует более полному сгоранию топлива, что приводит к снижению часового расхода топлива и уменьшению образования нагара и сажи. Модификация системы управления озонатором позволяет повысить КПД устройства и уменьшить его габариты. Влияние озона на выбросы NOx и дымность требует дальнейшего изучения с учетом различных концентраций озона и точек его подачи, однако, в целом, озонация способствует снижению выбросов углеводородов и угарного газа (CO), особенно в режимах работы с обедненными смесями.

В связи с этим, сотрудниками кафедры «Механика и инженерная графика» Тамбовского государственного технического университета предложена конструктивно-технологическая схема устройства озоновоздушной подготовки для автотракторных ДВС, предусматривающая интегрированное использование малогабаритного озонатора [7]. Данный озонатор, разработанный на основе анализа существующих технических решений и с учетом специфики применения в составе автотракторной техники.

Указанный малогабаритный озонатор, содержит источник высоковольтного напряжения, к которому подключены коаксиально расположенные электроды с воздушной прослойкой между ними. На корпусе дополнительно закреплены вентиляторы для выдува озонированного воздуха, а также патрубки с пылевыми и антибактериальными фильтрами. Две пары электродов, при этом проводящие электроды выполнены в форме колец, а коронирующие – в форме разрядников с шарообразной головкой.

Применение разработанного озонатора в системе подачи воздуха дизельного двигателя позволит интенсифицировать процессы горения за счет повышения концентрации сильного окислителя – озона, что приводит к более полному окислению топлива и, как следствие, увеличению эффективности двигателя, снижению выбросов загрязняющих веществ и уменьшению образования сажи.

Для экспериментального подтверждения указанных преимуществ на базе кафедры «Механика и инженерная графика» Тамбовского государственного технического университета разрабатывается стенд для испытания конструктивно-технологической схемы системы озоновоздушной подготовки с использованием данного озонатора, что позволит количественно оценить влияние озонации на эксплуатационные характеристики ДВС в различных режимах работы.

Список литературы:

1. Проектирование адаптивной системы озонирования воздуха для двигателей внутреннего сгорания / А. Н. Притула, А. Л. Береснев, Н. К. Полуянович, М. А. Соловьев // Молодой ученый. 2013. № 1. С. 14-17.

2. Таранов М. А., Гуляев П. В., Попов М. Ю. Результаты экспериментального исследования влияния озоновоздушной смеси на работу дизельного двигателя внутреннего сгорания // Вестник аграрной науки Дона. 2018. № S4. С. 28-33.

3. Сударкин В. Н. Результаты эксплуатации ДВС с системой озонирования топливовоздушной смеси // АгроЭкоИнфо. 2023. № 3(57).

4. Prajwowski K, Osipowicz T., Mozga Ł. Effect of ozone addition on working parameters of diesel engine. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 421. 042066. 10.1088/1757-899X/421/4/042066.

5. Tachibana T., Hirata K., Nishida H., Osada H. Effect of ozone on combustion of compression ignition engines, Combustion and Flame, Volume 85, Issues 3–4. 1991. Pages 515-519.

6. D'Amato M., Cantiani A., Basso A. et al. A numerical investigation of the influence of ozone on combustion to improve the performance of spark ignition engines. Energy Efficiency 17, 23 (2024).

7. Патент № 2755686 С1 Российская Федерация, МПК А61L 9/015. Малогабаритный универсальный озонатор: № 2021105952: заявл. 09.03.2021: опубл. 20.09.2021 / И. С. Филатов, Ю. В. Родионов, А. Е. Ломовских и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет».

UDC 621.436

OZONATION OF AIR MIXTURE IN THE FUEL SYSTEM OF DIESEL ICE OF AUTOMOTIVE TRACTOR EQUIPMENT

Vadim G. Kubasov¹

postgraduate

vgkubasov@yandex.ru

Yuri V. Rodionov¹

doctor of engineering sciences, professor

rodionow.u.w@rambler.ru

Dmitry V. Nikitin¹

candidate of engineering sciences, associate professor

vacuum2008@yandex.ru

Ivan S. Filatov²

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

ridder@mail.ru

¹Tambov State Technical University

²Instrument-Making College

Tambov, Russia

Abstract. The article presents an analysis of modern studies devoted to the use of air mixture ozonation in internal combustion engines. The results of the analysis demonstrate the prospects of using ozone to improve the efficiency of fuel combustion, reduce fuel consumption, and reduce hydrocarbon and carbon monoxide emissions, especially in lean-mixture operating modes. The article considers the features of ozone influence on NO_x emissions and smoke, which require further study. The authors propose a design and technological scheme of an ozone-air preparation device for automotive and tractor ICEs, which provides for the integrated use of a small-sized ozonizer.

Key words: diesel engine, ozone-air preparation, analysis, fuel combustion, reduced consumption, reduced harmful emissions, increased efficiency.

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.