

УДК-629.331:502.3

## **ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВУХТОПЛИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Чернецов Д.А.** – магистрант ММС12з гр.

**Д.А. Денисов** – магистрант ММС22згр.

**Карташов О.А.** – магистрант

**Ю.В. Родионов** – д.т.н., профессор;

**Д.В. Никитин** – к.т.н., доцент.

ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, г.

Тамбов, Россия

Аннотация. Обоснована актуальность переоборудования дизельных двигателей на работу по газодизельному циклу и дальнейших исследований эксплуатационных и экологических показателей. Описан процесс сгорания топлива в газодизельном двигателе. Представлены токсичные компоненты, образующиеся в результате сгорания топлива в дизельных двигателях, работающих на метане и описаны причины их образования. Обосновано дальнейшее изучение и разработка устройств для очистки отработавших газов дизельных двигателей, работающих на газе.

Ключевые слова: природный газ, сельскохозяйственные машины, газодизель, отработавшие газы, продукты сгорания.

Актуальность исследований, посвященных улучшению эксплуатационных и экологических показателей двухтопливных двигателей в России (Dualfuel), обусловлена широким использованием природного газа в качестве моторного топлива, как на автомобильном транспорте, так и на сельскохозяйственных машинах, и наличием его запасов на долгий срок в стране.

Мотивацией к переводу существующих силовых агрегатов мобильной автомобильной и сельскохозяйственной техники являются преимущества использования природного газа в качестве моторного топлива. Среди альтернативных топлив газ занимает первое место по следующим показателям: наличие запасов в стране; экологичность; безопасность; по сравнению с жидкими углеводородными топливами низкая цена реализации.

Развитие двухтопливных двигателей в России сдерживается рядом факторов: слабо развита инфраструктура для эксплуатации техники, работающей на природном газе, нет конструкций двухтопливных двигателей, которые соответствуют требованиям технических регламентов, недостаточно научных исследований рабочего процесса двухтопливных двигателей, нет работ по повышению качества смесеобразования и экологичности работы.

Одним из перспективных способов использования природного газа в качестве моторного топлива является переход на газодизельный процесс, при котором газоздушная смесь в цилиндре воспламеняется от «запальной» дозы дизельного топлива. Преимуществом газодизельного процесса является возможность быстрого перехода на работу с дизельного топлива на газ и обратно без существенных конструктивных изменений исходного варианта дизельного двигателя, что в свою очередь дает возможность модернизировать двигатели, установленные на автотранспортных и сельскохозяйственных машинах, находящихся в эксплуатации.

Газодизели в настоящее время работают на различных газовых топливах – на сжатом природном газе, на попутных газах нефтяных и газовых месторождений, на шахтном метане, на биогазе. При переходе в газодизель дизельные двигатели работают на газовом топливе с присадкой жидкого топлива. В про-

цессе впуска двигатель засасывает вместо воздуха готовую газоздушную смесь. Температура конца сжатия ( $500-600^{\circ}\text{C}$ ) недостаточна для самовоспламенения газоздушной смеси и воспламенение ее достигается впрыском небольшой порции жидкого топлива с помощью стандартных топливного насоса и форсунок дизелей. Порция жидкого топлива составляет 10-20 % его нормального расхода при работе по обычному дизельному циклу. Интенсивность воспламенения газоздушной смеси факелом жидкого топлива значительно больше, чем при зажигании от искры. Процесс сгорания основной массы горючей смеси протекает примерно при постоянном объеме, при этом используются все преимущества самого дизеля, т.е. сохраняется высокая степень сжатия дизеля, но воспламенение происходит от впрыскиваемого жидкого топлива. При такой работе дизель снабжается баллоном с газом, регулятором давления газа и газосмесительным устройством [1].

Газодизельный процесс не требует значительного переоборудования двигателя и сохраняет его стандартную топливную аппаратуру, т. е. возможность работы на жидком топливе. К недостаткам такого процесса относят необходимость иметь две системы питания для одного двигателя, что усложняет его конструкцию, и некоторую сложность системы качественного регулирования двигателя в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов.

Процесс сгорания топлива в газодизельном двигателе имеет ряд особенностей, которые оказывают влияние на образование вредных веществ. Рабочим телом в газодизеле являются бедные гетерогенные битопливные смеси. Время пребывания рабочей смеси в камере сгорания составляет несколько миллисекунд, поэтому показатели экологичности двигателя во многом определяются коэффициентом избытка воздуха. Сгорание гетерогенной смеси приводит к неравномерности температуры в разных частях камеры сгорания двигателя.

Процесс горения газодизельного топлива условно разделяется на три стадии: задержка воспламенения, сгорание топлива и распространение пламени по камере сгорания с последующим догоранием топлива в процессе расширения.

В период задержки воспламенения в камере сгорания появляются много-

численные очаги воспламенения. Капли жидкого топлива движутся от распылителя форсунки к стенкам камеры сгорания, под действием конвекции нагреваются и испаряются, воспламеняя смесь воздуха с природным газом. В центре струи находится большая часть дизельного топлива в виде крупных капель, окруженных диффузионным пламенем. Высокие температуры способствуют образованию оксидов азота. Между сердцевинной струей и зоной бедной смеси благодаря радиационному подогреву от пламени происходит быстрое испарение и воспламенение капель дизельного топлива. Выгорание углеводородов сопровождается накоплением оксида углерода. По мере удаления от оси струи смесь обедняется.

Неполное сгорание газового топлива происходит вследствие его малого времени пребывания в зоне высоких температур, при чрезмерном обеднении и плохом перемешивании смеси. Еще одной причиной образования продуктов неполного окисления является охлаждение стенок цилиндра, что приводит к образованию несгоревших углеводородов.

Отработавшие газы (ОГ) в газодизельном процессе представляют собой сложную многокомпонентную смесь газов, паров, капель жидкостей и дисперсных твердых частиц. Все токсичные компоненты, содержащиеся в ОГ, можно разделить на две основные группы: продукты неполного сгорания углеводородов топлива – монооксид углерода, углеводороды, альдегиды, сажа, и продукты окисления химических элементов, которые входят в состав топлива и воздуха, – оксиды азота и серы. ОГ состоят из содержащихся в воздушном заряде азота  $N_2$  и кислорода  $O_2$ , продуктов полного сгорания топлива (диоксида углерода  $CO_2$  и водяного пара  $H_2O$ ), молекул, образующихся в результате термического синтеза из воздуха при высоких температурах (оксиды азота  $NO_x$ ), продуктов неполного сгорания топлива (монооксида углерода  $CO$ , углеводородов  $C_mH_n$  дисперсных твердых частиц, основным компонентом которых является сажа), а также оксидов серы, альдегидов, продуктов конденсации и полимеризации [1-3].

Кроме продуктов сгорания топлива в ОГ присутствуют продукты сгорания смазочного масла и вещества, которые образуются из присадок топливу и

маслу. [4, 5].

Для сравнения токсичности различных компонентов ОГ двигателей внутреннего сгорания используется коэффициент их агрессивности, который учитывает не только отношения предельно допустимых концентраций, но и вероятность накопления в атмосфере вредных веществ, их вторичных химических превращений, оседание твердых частиц на поверхность земли, воздействие токсичных компонентов на сельскохозяйственные растения и животных.

Использование природного газа в качестве моторного топлива позволяет снизить токсичность отработавших газов по СО и сумме углеводородов на всех нагрузках и соответствовать нормам выбросов (г/кВт·ч) для EURO-3 [1].

Таким образом, для соответствия нормам токсичности газодизельных двигателей, необходимо дальнейшее изучение процессов сгорания газового топлива, а также принятие мер по снижению токсичности ОГ. В качестве одного из способов предлагается рассмотреть нейтрализацию ОГ на выпуске с помощью существующих каталитических устройств для дизельных двигателей. Применение таких устройств для очистки ОГ газодизельных двигателей требует модернизации, так как концентрации токсичных компонентов при сгорании природного газа от дизельного топлива отличаются.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Марков, В.А. Работа дизелей на нетрадиционных топливах / В.А. Марков, А.И. Гайворонский, Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко. – М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008.- 464с.
2. Кульчицкий, А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. – Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2000. – 256 с.
3. Двигуни внутрішнього згорання /Под ред. А.П.Марченко, А.Ф.Шеховцова –Харків, Прапор, 2004 – 360 с.
4. Марков, В.А. Токсичность отработавших газов дизелей / В.А. Марков,

Р.М. Баширов, И.И. Габитов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2002. – 376 с.

5. Henein, N.A. Kinetic Considerations in the Autoignition and Combustion of Fuel Sprays in Swirling Air / N.A. Henein, J.A. Bolt. - CIMAC 9th International Congress on Combustion Engines Stockholm, Svezia, 1971, paper A-7.

# ANALYSIS OF THE SCHEMATIC DIAGRAM OF OPERATION OF GAS-DIESEL ENGINES

**Chernetsov D. A.** – graduate student MMC123 gr.

**Denisov D. A.** – student MMC223gr.

**Kartashov O. A.** – graduate student

**Rodionov Y. V.** – doctor of technical Sciences, Professor;

**D. V. Nikitin** – PhD in technical Sciences, associate Professor.

Tambov state technical University, Tambov, Russia

Annotation: The relevance of re-equipment of diesel engines for work on a gas-diesel cycle and further researches of operational and ecological indicators is proved. Process of combustion of fuel in the gas-diesel engine is described. The toxic components which are formed as a result of combustion of fuel in the diesel engines using methane are presented and the reasons of their education are described. Further studying and development of devices for purification of the fulfilled gases of the diesel engines using gas is proved.

Keywords. the natural gas, farm vehicles, gas-diesel which have fulfilled gases, combustion products.