

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТОПОЛЕВОЙ АКТИВАЦИИ ВОЗДУШНО-ТОПЛИВНОЙ ГОРЮЧЕЙ СМЕСИ ПЕРЕД СЖИГАНИЕМ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ

В.И. КАПАЕВ, В.В. ОРЕХОВ

Казанский государственный энергетический университет

Рассмотрена технология формирования высококачественной воздушно-топливной горючей смеси перед подачей ее в камеру сгорания теплоэнергетических агрегатов посредством воздействия электрического и магнитного полей с целью повышения эффективности и полноты сгорания и, как следствие, снижения расхода топлива и токсичности отработавших газов.

Ключевые слова: воздушно-топливная горючая смесь, электрополевой активатор воздуха, магнитополевой активатор топлива.

Теплоэнергетические агрегаты, к которым, в частности, относятся двигатели внутреннего сгорания (ДВС) транспортных средств, являются основными потребителями топлива и атмосферы планеты и, одновременно, основными экологическими загрязнителями атмосферы и всей окружающей среды. Известно, что коэффициент полезного действия (КПД) бензинового ДВС примерно 35%, дизельного 45%, а 12 % топлива в воздушно-топливной горючей смеси (ВТГС) в карбюраторном двигателе внутреннего сгорания не успевает сгорать. Поэтому, с учетом масштабов использования таких объектов, глобальная взаимосвязанная энерго-экологическая проблема в данных важнейших отраслях – это тревожная объективная реальность нашего времени.

Известно, что качество работы любого теплоэнергетического агрегата во многом определяется организацией высокоэффективного рабочего процесса горения ВТГС в его камере сгорания. При более полном, эффективном сгорании топлива происходит повышение мощности теплоэнергетического агрегата, экономия топлива, снижается количество недогоревших продуктов в выхлопных газах, являющихся источником токсичности. Ключевая роль в комплексе мероприятий по организации высокоэффективного рабочего процесса горения в цилиндрах ДВС принадлежит формированию (смесеобразованию) ВТГС [1]. Между тем, важность предпламенного процесса смесеобразования ВТГС зачастую недооценивается, хотя именно этот начальный этап играет первостепенную роль в стабильности и устойчивости циклов горения в камере сгорания. Согласно законам химической кинетики, чем более активны молекулы топлива и кислорода воздуха, тем меньше энергия активации, необходимая для предварительного ослабления или разрыва внутренних связей стабильной молекулы с целью дальнейшего совершения химической реакции горения, и, значит, тем выше массовая скорость горения и полнее сгорание ВТГС, а следовательно – экономичнее, экологически чище и мощней ДВС. Кроме того, с наибольшей скоростью сгорает гомогенная (однородная и хорошо перемешанная) смесь, в которой молекулы топлива равномерно распределены между молекулами кислорода. Однако в жидких углеводородных топливах под воздействием ряда факторов всегда происходит формирование уплотнённых групп молекул, образуя при этом скопление молекул – кластеры (сгустки). Горение кластеров происходит по внешней их поверхности; молекулы, находящиеся внутри кластера, не успевают полностью сгорать и

выбрасываются с выхлопными газами. Разрыв углеводородных цепочек из сгустков компонентов топлива модифицирует ВТГС в однородную массу, повышая её теплотворность, и экономит исходное топливо для любого ДВС, поскольку обеспечивает полное сгорание уже иного, более энергетического топлива, в котором кислород проникает к каждой молекуле топлива, что способствует полному его сгоранию. В связи с этими обстоятельствами концептуальной гипотезой явилось предположение о том, что значимость технологии высококачественного смесеобразования в двигателях будет возрастать при комплексной реализации данных взаимосвязанных процессов. Кроме того, при ее реализации должно выполняться необходимое условие удержания компонентов ВТГС в активном и гомогенном состоянии на время, необходимое для их движения в камеру сгорания.

Существует много методов предпламенного воздействия на ВТГС: применение рецептур различных присадок, создание топливных эмульсий и безреагентные методы (термический, аэродинамическая гомогенизация, ультразвуковая гомогенизация, кавитация, диспергация). Однако эффективность их низка, реализация сложна, а зачастую они негативно отражаются на характеристиках ДВС и даже пожароопасны. Одним из перспективных физических методов решения данной задачи является предпламенное воздействие электрического и магнитного полей на ВТГС с целью: подготовки ее к горению, улучшения гомогенности, понижения температуры вспышки и, как результат, достижения наибольшей полноты сгорания [2, 3, 4]. При этом энергия электрического и магнитного полей, достаточная для деструкции молекул составных компонентов ВТГС, весьма невелика. Однако, несмотря на кажущуюся простоту и доступность электромагнитопольевых технологий смесеобразования, в эксплуатации далеко не всегда удается получить желаемый положительный эффект. Недостатком имеющихся в настоящее время иностранных и российских электромагнитопольевых технологий смесеобразования [5, 6, 7] является низкая эффективность, так как каждая из них не реализует в единой совокупности весь комплекс взаимосвязанных процессов формирования высокоэффективной ВТГС (активация молекул топлива и кислорода воздуха, разрушение сгустков молекул топлива и перемешивание их с воздухом). Кроме того, значительная протяженность и сложность конструкции тракта прохождения активированных компонентов ВТГС при технической реализации данных технологий приводит к существенному ослаблению их активности со временем на пути движения в камеру сгорания. Указанные недостатки не позволяют в полной мере использовать потенциал улучшения основных показателей теплоэнергетических агрегатов: повышение топливной экономичности, снижение токсичности выхлопных газов за счет совершенствования процесса смесеобразования с использованием электромагнитопольевых технологий.

Задачей предлагаемой технологии является устранение недостатков, характерных для известных электромагнитопольевых технологий формирования высокоэффективной ВТГС. Это достигается тем, что все взаимосвязанные стадии процесса смесеобразования: активация молекул топлива и кислорода воздуха и гомогенизация ВТГС (разрушение сгустков молекул топлива и качественное перемешивание их с воздухом) реализуются комплексно, исключительно электромагнитопольевыми воздействиями на компоненты ВТГС и завершаются в очень короткие промежутки времени в ограниченном пространстве, до поступления смеси в камеру сгорания.

Для реализации этой технологии предлагается электропольевой активатор воздуха, содержащий в качестве исполнительного элемента изолированные друг от друга коронирующие электроды положительной и отрицательной полярностей, которые подключены к источнику высоковольтного напряжения, и магнитопольевой активатор топлива, содержащий в качестве исполнительного элемента блок

полярнопеременных пар постоянных магнитов, объединить в общий тракт формирования топливоздушной горючей смеси. А их исполнительные элементы разместить в общем корпусе, который изготовлен из диэлектрического немагнитного термостойкого материала. При этом через данный тракт проходят весь воздух и все топливо, подаваемые в камеру сгорания, а магнитопольевой активатор топлива, в отличие от известных электромагнитопольевых технологий, дополнительно выполняет функцию гомогенизации ТВГС. Вариант технической реализации такого комбинированного электромагнитопольевого активатора ТВГС показан на рис. 1. При этом внутри левой части корпуса 8, подключаемой к выходу воздушного фильтра теплоэнергетического агрегата, на пути движения воздуха расположены коронирующие электроды отрицательной 3 и положительной 4 полярностей, средняя часть корпуса 8 подключена к топливному дозирующему устройству 7, например к форсунке теплоэнергетического агрегата. На внешней поверхности правой части корпуса 8, подключаемой к впускному трубопроводу теплоэнергетического агрегата, расположен блок полярнопеременных пар постоянных магнитов 6, создающих внутри корпуса 8 полярнопеременное магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны направлению движения потока ТВГС. Исходно активатор монтируется между выходом воздушного фильтра и впускным трубопроводом теплоэнергетического агрегата (на рис. 1 не указаны).

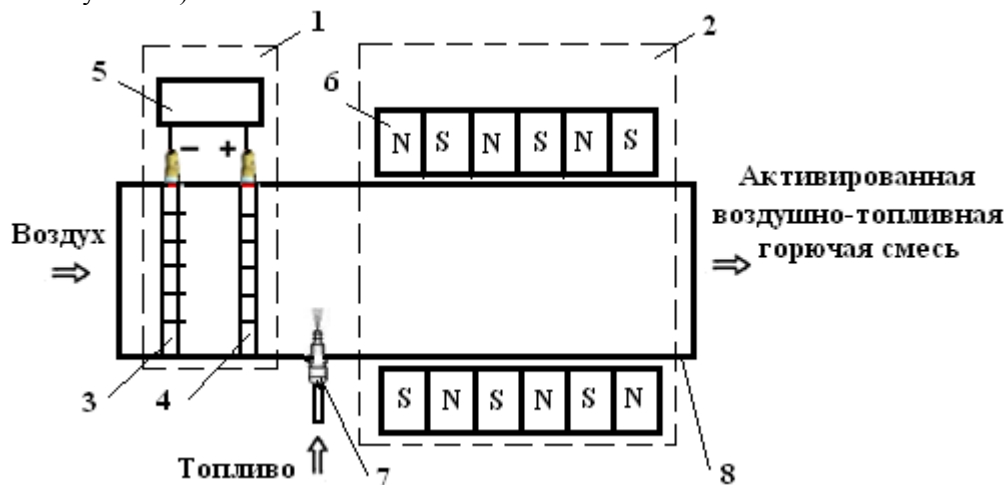


Рис.1. Комбинированный электромагнитопольевой активатор воздушно-топливной горючей смеси:
 1 – электропольевой активатор воздуха; 2 – магнитопольевой активатор топлива; 3 – коронирующий электрод отрицательной полярности; 4 – коронирующий электрод положительной полярности;
 5 – источник высоковольтного напряжения; 6 – блок полярнопеременных пар постоянных магнитов;
 7 – топливное дозирующее устройство, например топливная форсунка теплоэнергетического агрегата;
 8 – корпус

Активатор работает следующим образом. При прохождении воздуха в зоне между сетчатыми коронирующими электродами отрицательной 3 и положительной 4 полярностей под действием электрического поля высокой напряженности происходит озонирование и ионизация воздуха. Присутствие молекул озона в ТВГС снижает выход СО в процессе сгорания и, следовательно, снижает концентрацию вредных примесей в выхлопных газах, а присутствие ионов кислорода в ТВГС снижает температуру ее воспламенения и способствует ее более полному сгоранию, т.е. повышается калорийность ТВГС, что и обеспечивает уменьшение удельного расхода топлива [8]. Исходное неактивированное топливо подается через топливное дозирующее

устройство 7 внутрь корпуса 8 и поступает на магнитную обработку в полярнопеременное магнитное поле блока постоянных сверхмощных неодимовых магнитов 6. При прохождении топлива через сильное полярнопеременное магнитное поле его молекулы, подвергаясь знакопеременным поляризационным деформациям, активируются, совершая при этом еще и резкие колебательные движения. Появление возбужденных электрическим полем молекул воздушной среды и магнитным полем – молекул топлива, как было отмечено ранее, уменьшает энергию активации окисления, что способствует увеличению теплоты и качества сгорания. Кроме того, в результате резких колебаний всех молекул топлива в сгустках связи между молекулами рвутся, при этом топливо приобретает структуру, состоящую из отдельных, не связанных между собой молекул, к которым облегчен доступ молекул кислорода в процессе сгорания топлива. Горение каждой отдельной молекулы происходит по всей ее поверхности, причем площадь горения всех отдельных молекул больше площади горения такого же количества молекул, но связанных между собой в сгусток. Таким образом, при горении одного и того же количества топлива объем продуктов сгорания будет больше у той структуры топлива, которая состоит из отдельных, не связанных между собой молекул. Горение топлива, состоящего из отдельных молекул, значительно увеличивает мощность теплоэнергетического агрегата и уменьшает токсичность отработанных газов. Однако из-за сильных внутримолекулярных связей топлива интенсивность колебаний молекул, вызываемых их поляризационной деформацией, слаба. Это снижает потенциал улучшения основных показателей теплоэнергетического агрегата: повышение топливной экономичности, снижение токсичности отработанных газов за счет совершенствования смесеобразования с использованием электромагнитопольевых технологий, что свойственно известным техническим решениям [6, 7]. В предлагаемом активаторе активированный воздух также поступает в полярнопеременное магнитное поле блока пар магнитов 6. Ионизированные молекулы кислорода воздуха, проходя через магнитопольевой активатор топлива 2, подвергаются также знакопеременному силовому воздействию магнитным полем и начинают совершать более интенсивные колебательные движения, чем поляризуемые молекулы топлива. Взаимные колебания активированных компонентов горючей смеси приводят к их соударениям с более эффективным расщеплением сгустков молекул топлива с одновременным интенсивным перемешиванием, что способствует повышению качества смешивания активированных компонентов горючей смеси и, как следствие, к улучшению гомогенности ТВГС. При горении смеси подобного состава существенно увеличивается полнота сгорания смеси, особенно той ее части, которая без применения описываемого технического решения выбрасывалась из ДВС несгоревшей.

Таким образом, предложенная технология реализует весь комплекс взаимосвязанных процессов формирования высокоэффективной ТВГС: активирование молекул топлива и кислорода воздуха и гомогенизация горючей смеси (разрушение сгустков молекул топлива и качественное перемешивание их с воздухом) с максимальным использованием потенциальных возможностей электромагнитопольевых технологий и с минимальной потерей активности компонентов горючей смеси на пути ее движения по тракту в камеру сгорания. Эти существенные отличия повышают эффективность электромагнитопольевых воздействий на смесеобразование и, как следствие, способствуют более полному сжиганию топлива, улучшая экологические и энергетические показатели теплоэнергетического агрегата.

Экспериментальный вариант технической реализации предложенной электромагнитопольевой технологии включал в себя корпус трубчатой формы, выполненный из стеклоуглерода, изолированные друг от друга коронирующие

электроды положительной и отрицательной полярности, выполненные из нитей нержавеющей стали в виде «сетка-сетка», блок постоянных магнитов, состоящий из восьми рядов полярнопеременных пар неодимовых магнитов (прямоугольной формы с остаточной магнитной индукцией $Br = 1250$ мТ и коэрцитивной силой $H_c \geq 955$ К.А/м.) и стандартный блок электронного зажигания двигателя автомобиля, выполняющий функции источника высоковольтного напряжения. Его экспериментальная проверка проводилась на приводном двигателе бензоэлектрического агрегата АБ-2-О/230, используемого в качестве автономной станции электропитания. Приводным двигателем данного бензоэлектрического агрегата являлся четырехтактный карбюраторный, одноцилиндровый бензиновый двигатель внутреннего сгорания марки УД-1. Номинальная мощность двигателя при частоте вращения 3000 об/мин. составляет 3 кВт. Удельный расход топлива не более 466-536 г/кВт*час. Нагрузкой двигателя бензоэлектрического агрегата является однофазный генератор переменного напряжения марки ГАБ-2-О/230. Электрополевая часть активатора устанавливалась в штатный тракт формирования ТВГС между воздушным фильтром и воздушной заслонкой карбюратора, а магнитополевая часть активатора – между дроссельной заслонкой карбюратора и впускным патрубком двигателя. Оценка энергосберегающих свойств и улучшения экологических характеристик двигателя при использовании электромагнитополевого активатора осуществлялась путем регистрации изменения удельного расхода топлива двигателя и состава выхлопных газов без включения активатора и при включенном активаторе. Следует уточнить, что удельный расход топлива $\gamma=466-536$ г/кВт*час представляет собой количество бензина, потребляемого двигателем при одночасовой работе на нагрузке мощностью в 1 кВт.

Испытуемый двигатель 1 включается в экспериментальную схему, показанную на рис. 2. В процессе эксперимента питание двигателя бензином осуществлялось от мерной емкости 2. Нагрузка двигателя осуществлялась путем подключения к генератору 3 электрической нагрузки – реостата 4. Мощность нагрузки генератора поддерживалась на уровне 1 кВт и контролировалась ваттметром 5. Продолжительность работы двигателя на каждом этапе эксперимента ограничивалась одним часом и контролировалась хронометром 6. Содержание выхлопных газов проверялось газоанализатором 7.

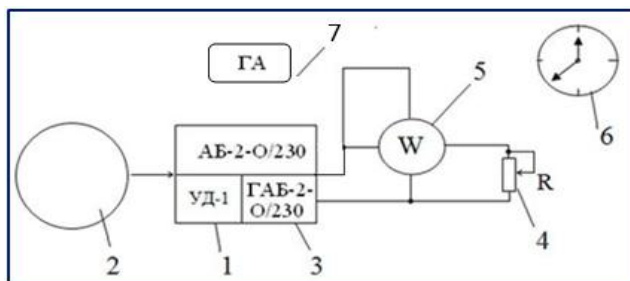


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

По результатам проведенных испытаний выявлено, что при использовании экспериментального варианта электромагнитополевого активатора удельный расход топлива уменьшился на 6,2 %, содержание углекислого газа в выхлопных газах снизилось на 13 %, содержание углеводородов снизилось на 17%.

В заключение можно отметить следующие принципиальные моменты:

1. Предложенная технология, реализуя весь комплекс взаимосвязанных процессов формирования высокоэффективной ТВГС: активирование молекул топлива и кислорода воздуха и гомогенизация горючей смеси с максимальным использованием

потенциальных возможностей электромагнитопольевых технологий и с минимальной потерей активности компонентов горючей смеси на пути ее движения по тракту в камеру сгорания, обеспечивает снижение расхода топлива и повышение КПД работы теплоэнергетического агрегата, а также снижение токсичности выхлопных газов.

2. Данная технология имеет широкий спектр применения. Она может быть с успехом применена в ДВС с карбюраторной системой питания или с системой центрального впрыска топлива, а также в топливных горелках любых теплоэнергетических агрегатов, не требуя радикальных изменений в их конструкции.

Summary

The technology formation of high quality air fuel combustible mixture, before immediately feeding it into the combustion chamber of the heat energy units by means of the impact of electric and magnetic fields with the aim of increasing efficiency and full combustion, consequently, reduction in fuel consumption and toxic gasses.

Key words: air-fuel combustible mixture, electric field air activator, magnetic field fuel activator.

Литература

1. Гальшев Ю.В., Магидович Л.Е., Румянцев В.В. Топливные проблемы транспортной энергетики. С.Пб.: Изд - во Санкт-Петербургского Политехнического университета, 2005. 235 с.

2. Мурамович В.Г., Анисимов П.Ф., Туев С.В. Энергоэффективная технология молекулярной модификации углеводородного топлива электрическими полями // Энергобезопасность и энергосбережение. 2013. №2. С. 25–29.

3. Звонов В.А., Макаров Н.А. Влияние на рабочий процесс ДВС активирования топлива внешними физическими воздействиями // Всеукр. научн.-техн. журн. «Двигатели внутреннего сгорания». Харьков: НТУ «ХПИ». 2008. №11. С. 112–121.

4. Дудышев В.Д. Методы и устройства радикальной экономии топлива в тепловых двигателях транспорта и в теплоэнергетике и одновременного радикального улучшения их экологии//<http://new-energy21.ru/ekonomiya-topliva/metody-i-ustroystva-radikalnoy-ekonomii-topliva-v-teploenergetike-i-teplovyih-dvigatelyah-2.html>.

5. Патент РФ № 2464441, МПК F02M 27/04. Ионизатор воздуха для двигателя внутреннего сгорания / Чашин Е.А., Яковлев О.А., Молокин Ю.В. Дата опубл. 20.10.2012 г.

6. Патент РФ №:138122, МПК F02M 27/04. Проточный магнитный активатор топлива / Дудышев В.Д. Дата опубл. 27.02.2014 г.

7. Патент РФ № 2409757, МПК F02M 27/04. Устройство для подготовки рабочей смеси перед ее сжиганием в двигателе внутреннего сгорания / Лачугин В.И., Шумилин В.К., Кочетов О.С. Дата опубл. 20.01.2011 г.

8. Кондратьев В.Н., Никитин Е.Е. Кинетика и механизм газофазных реакций. М.: «Наука», 1974. 560 с.

Поступила в редакцию

03 июня 2016 г.

Капаев Владимир Иванович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ). Тел.: 8-905-315-27-20.

Орехов Владимир Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ).