

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

DOI: 10.24143/1812-9498-2019-2-7-15

УДК .665.753.4.038.2:537.612

ПРЕИМУЩЕСТВА МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

*Н. А. Пивоварова, Е. С. Акишина, Т. В. Сальникова,
И. Р. Лагарова, Д. Д. Нурмамбетов*

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Затраты на топливо составляют весомую долю в себестоимости продукции, поэтому совершенствование топливосберегающих технологий имеет значительный экономический и социальный эффект. Одним из нетрадиционных методов обработки топлива считается магнитная обработка. Применение постоянного магнитного поля уменьшает расход топлива, содержание в нём несгоревших углеводородов и монооксида углерода, повышает тепловой эффект работы двигателя. Механизм воздействия магнитной обработки на нефтяные системы рассмотрен во многих литературных источниках. Магнитная обработка снижает плотность, вязкость, поверхностное натяжение и увеличивает степень дисперсности дизельного топлива, что приводит к образованию в топливовоздушной смеси более мелких капель, их перемешиванию с горячей газовой средой и в итоге – к более полноценному сгоранию топливовоздушной смеси. Для повышения эффективности магнитного воздействия на топливо следует подобрать оптимальные режимные параметры в каждом конкретном случае. Влияние воздействия постоянного магнитного поля исследовано в трёхсекционном магнитном туннеле, и определены необходимые параметры условий обработки дизельного топлива по критериям расхода топлива и содержания монооксида углерода.

Ключевые слова: дизельное топливо, расход топлива, монооксид углерода, магнитная обработка, нефтяная дисперсная система.

Для цитирования: Пивоварова Н. А., Акишина Е. С., Сальникова Т. В., Лагарова И. Р., Нурмамбетов Д. Д. Преимущества магнитной обработки дизельных топлив // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2019. № 2 (68). С. 7–15. DOI: 10.24143/1812-9498-2019-2-7-15.

Введение

Главные задачи в топливоиспользовании, в том числе для дизельного топлива, – уменьшение его расхода и снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду. Выхлопные газы содержат несгоревшие углеводороды (в том числе полициклические ароматические, обладающие канцерогенным действием), сажевые частицы, монооксид углерода и др. Топливо также может содержать механические примеси, загрязняющие его в процессах хранения, транспортировки, слива-налива и т. п., а также способные вызывать эрозию, абразивный износ и нарушение работы двигателя. Высокий расход топлива ухудшает экономические показатели работы двигателя, увеличивает транспортные расходы и вслед за этим приводит к удорожанию всех работ, связанных с эксплуатацией транспорта.

Доля затрат на топливо в структуре себестоимости продукции сельского хозяйства составляет 10,4 % [1, 2], поэтому совершенствование топливосберегающих технологий имеет значительный экономический и социальный эффект.

Основные методы улучшения свойств дизельного топлива

Для улучшения работы дизельного двигателя используют различные химические и физические методы. Химические методы заключаются во введении в топливо присадок на том или ином этапе производства или эксплуатации. Разработаны присадки с различными функциями, которые снижают испаряемость, улучшают низкотемпературные свойства топлива, интенсифицируют процесс сгорания и снижают выбросы экологически опасных веществ. Многие из них вводят на стадии производства топлив, некоторые – непосредственно перед подачей топлива к двигателю, например антикоррозионные, диспергирующие и др. Наряду с очевидными преимуществами химического метода, обнаруживаются и его недостатки. Стоимость присадок весьма высока, их взаимодействие с топливом может иметь побочные эффекты, так же как и образование новых продуктов сгорания.

Физические методы являются безреагентными и заключаются в отстаивании, центрифугировании, фильтровании топлив, которые позволяют избавляться от взвешенных частиц механических примесей и воды. Наряду с традиционно используемыми физическими методами подготовки топлива применяют волновые воздействия. Одним из наиболее эффективных, доступных и недорогих методов волновых воздействий обработки является магнитная обработка – воздействие постоянным магнитным полем на поток движущейся жидкости. В литературе наряду с термином «магнитная обработка» встречаются также такие, как «омагничивание», «активация», «кондиционирование», «индуцирование» и др. Прибор, создающий магнитное поле, называют магнетизатором, магнитным устройством, магнитным активатором, магнитным кондиционером, магнетоном и даже катализатором, хотя последнее определение, скорее, образное, по сути неверно.

Цель настоящей работы – обобщение информации о достижениях магнитной обработки дизельных топлив, используемых в автотранспорте, а также экспериментальные исследования влияния различных параметров магнитной обработки на показатели топлив.

Проводятся многочисленные исследования по поиску оптимальных режимов, конструкций, комбинаций воздействия постоянным магнитным полем на топлива, используемые на автотранспорте и судовых дизелях, в частности на дистиллятные дизельные топлива. Ниже приведены некоторые из них.

На эффективность использования постоянного магнитного поля на дизельное топливо указывают многие авторы. Так, например, в исследованиях [3–17] наблюдали уменьшение его расхода на 2–20 %. Увеличение тепловой эффективности двигателя на 5 % обнаружили в работах [4, 6]. Авторы [4] отмечают, что эффект от магнитной обработки увеличивается по мере роста магнитной индукции от 0,8 до 1,1 Тл, при этом наибольший эффект получается при невысоких нагрузках мотора. Интересные результаты получили в работе [7] при исследовании магнитной обработки смесового биодизельного топлива: при прочих равных условиях по мере увеличения доли биодизеля в смеси от 0 до 20 % эффект от обработки возрастал в несколько раз.

Плотность выхлопных газов уменьшается на 15 % [4]. В многочисленных источниках [3–15] отмечают, что в составе отработавших газов содержание монооксида углерода уменьшается на 4–30 % и несгоревших углеводородов – на 27–30 %. В описании эффектов «индукционного катализатора» [16] эти величины ещё больше: в 3–4 раза соответственно. А вот данные по количеству окислов азота расходятся принципиально. Так, результаты исследований [3, 5] доказывают, что содержание окислов азота в составе отработавших газов возросло на 18–20 %, авторы [10] отмечают отсутствие изменений в концентрации NO_x , а в работах [6, 7] сообщают об их уменьшении на 1,5–5 %, в то время как авторы [9, 16] обнаружили более резкое снижение окислов азота: на 25–28 %. Как доказано в [11, 12], в зависимости от нагрузки двигателя и места установки магнитного устройства содержание оксидов азота в топливе может изменяться как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения.

Разброс в показателях эффекта магнитной обработки объясняется тем, что подходы, терминология, методы и критерии оценки зачастую сильно отличаются, а некоторые исследования дублируются из-за недостаточной осведомлённости авторов. Строгое сравнение результатов затруднительно, т. к. об условиях проведения экспериментов приводится отрывочная информация.

Основными параметрами воздействия постоянного магнитного поля на поток жидкости (магнитной обработки), влияющими на её эффективность, являются магнитная индукция, скорость потока в активной зоне, количество пересечений магнитного поля, температура среды.

На практике величину магнитной индукции изменяют от 0,05 до 1,3 Тл. Величина зазора колеблется от 0,003 до 0,02 м, количество активных зон – от 2 до 4. Наиболее значимо влияние магнитного поля при скорости пересечения углеводородным сырьём активного зазора в интервале значений от десятых до сотых доли метра в секунду. Время пребывания в активном зазоре может изменяться от долей секунды до нескольких минут. Важным моментом является условие перпендикулярного пересечения линий магнитного поля и направления потока жидкости. Результаты предварительных исследований [18, 19] демонстрируют влияние напряжённости магнитного поля и линейной скорости потока в активном зазоре на показатели работы дизельного двигателя.

Методы исследования

Экспериментальные исследования влияния магнитной обработки дизельного топлива на показатели работы двигателя проводили на испытательном стенде КИ-5540 М, оборудованном двигателем КАМАЗ-740, при следующих условиях: скорость вращения коленчатого вала: 2 200–2 300 мин⁻¹; нагрузка на двигатель: 386,9–369,1 Н·м. Данный режим соответствует условиям работы двигателя в нагруженном режиме. Физико-химические свойства испытуемого топлива приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства дизельного топлива

Показатель	Значение
Плотность, кг/м ³	849
Температура вспышки, °С	72
Цетановое число	54
Фракционный состав, выкипает при °С:	
– НК*	184
– 50 %	284
– 96 %	362
Кислотность, мг/КОН на 100 см ³	3,2
Коксуемость 10 %-го остатка	0,028
Содержание серы, % мас.	0,44

* Температура начала кипения топлива.

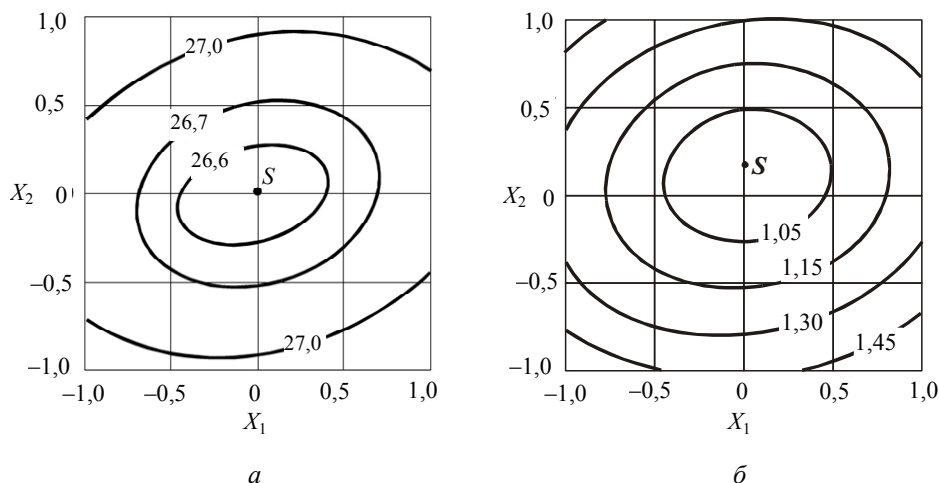
Для магнитной обработки применяли трёхсекционный магнетизатор – электромагнитный туннель [20], который устанавливали на входе в плунжерный насос. Напряжённость магнитного поля изменяли путём регулирования силы тока через обмотку электромагнитного туннеля, а скорость потока – изменением сечения внутреннего диаметра топливопровода в зоне пересечения магнитного поля.

Для определения оптимальных параметров магнитной обработки был применён метод математического планирования эксперимента по схеме ортогонального плана второго порядка. Интервалы варьирования напряжённости магнитного поля: 80–200 кА/м, а скорости потока – от 0,15 до 1,08 м/с. В качестве параметров оптимизации были выбраны расход топлива и содержание монооксида углерода (СО) в отработавших газах. Каждое определение проводили не менее трёх раз.

Результаты эксперимента

После отсева незначимых коэффициентов по критерию Стьюдента получили уравнение регрессии второго порядка, на основании которого построили поверхность отклика – эллиптический параболоид с минимумом в точке S . В сечениях поверхности плоскостями $Y = \text{const}$ наблюдаются эллипсы (изолинии расхода топлива – на рис. а, изолинии содержания СО – на рис. б) с поворотом осей координат вследствие наличия эффекта взаимодействия X_1X_2 .

Оптимальные условия по обоим критериям – 143 кА/м; 0,69 м/с. Расход топлива при этих условиях ($Y_S = 26,55$ дм³/ч) соответствует 5 % экономии топлива по сравнению с расходом необработанного топлива, а содержание монооксида углерода ($Y_S = 1,00$ %) снижается в 1,7 раза.



Изолинии: *a* – расхода дизельного топлива; *b* – содержания монооксида углерода;
 X_1 – напряжённость магнитного поля, кА/м; X_2 – скорость потока через магнитное поле, м/с

Были исследованы также физико-химические характеристики дизельного топлива после обработки магнитным полем с различными значениями магнитной индукции. Результаты измерений сведены в табл. 2.

Таблица 2

Изменение свойств дизельного топлива после обработки магнитным полем

Показатель	Значение магнитной индукции, Тл				
	0	0,1	0,2	0,3	0,4
Плотность, кг/м ³	834	831	828	827	825
Кинематическая вязкость, мм ² /с	2,725	2,687	2,664	2,635	2,602
Температура вспышки, °С	75	75	73	72	70
Размер частиц, нм	86	82	75	73	67

Для объяснения влияния постоянного магнитного поля на нефтяные системы и, в частности, на топливо существует практически единая точка зрения: магнитная обработка снижает плотность, вязкость, поверхностное натяжение и увеличивает степень дисперсности дизельного топлива. Так, например, авторы [3] наблюдали снижение плотности топлива после магнитной обработки с 826,44 до 824,67 кг/м³, а теплота сгорания увеличивалась с 42 223,52 до 42 408,55 кДж/кг. Уменьшение поверхностного натяжения достигает 10 % [16], что, в свою очередь, приводит к образованию более мелких капель в топливовоздушной смеси, облегчает процессы распада топливных струй, испарения капель топлива, их смесеобразование с горячей и движущейся газовой средой, способствуя более полному горению топливовоздушной смеси. В результате снижаются расход топлива и выброс продуктов неполного сжигания: монооксида углерода и несгоревших углеводородов.

При рассмотрении механизма действия постоянного магнитного поля основное противоречие заключается в том, что в одних работах нефтепродукты рассматриваются как зарядовые коллоидные системы, в других – как нефтяные дисперсные системы, где межмолекулярные взаимодействия определяются обменными взаимодействиями между нейтральными частицами – радикалами или радикал-поляризованными частицами.

Например, полярно-зарядовый подход рассматривается в работе [17], авторы которой считают, что в дизельном топливе имеются полярные компоненты, подверженные при движении в постоянном магнитном поле силе Лоренца. Действие этой силы, как известно, направлено перпендикулярно вектору движения заряженной частицы по правилу Ленца. В результате плотные группы молекул (кластеры) разделяются на более мелкие и упорядоченные фрагменты. Явлением ионизации топлива объясняют в работах [4, 21] повышение эффективности сжигания топлива, экономию топлива и снижение выбросов в окружающую среду.

Известно, что нефтепродукты, в частности дизельные топлива, состоят из углеводородных молекул, преимущественно содержащих длинные алифатические цепи. Эти молекулы нейтральны, а связи в них являются ковалентными, а не ионными, т. е. не имеющими зарядов. Отсутствие ионов или зарядово-полярных молекул в нефтяных системах доказано прямыми измерениями диэлектрической проницаемости и опытами по электрофорезу [22]. Таким образом, постоянное магнитное поле в интервале применяемых магнитных индукций не влияет на молекулы топлива через силу Лоренца и не разрывает их на ионы.

Более обоснован механизм, согласно которому нефтяные топлива представляют собой сложную многокомпонентную нефтяную систему, проявляющую коллоидно-дисперсные свойства. Дисперсная фаза такой системы состоит из ядра, содержащего высокомолекулярные парафины и парамагнитные молекулы смол, адсорбированные на их поверхности. Парамагнетизм молекул обусловлен нескомпенсированными спинами электронов, а это, в свою очередь, делает эти молекулы «чувствительными» к внешнему магнитному полю. Для средних нефтяных дистиллятов число парамагнитных центров оценивается в интервале 10^{15} – 10^{16} спин/г. Наличие гетероатомов и микроэлементов усиливает квантово-механические эффекты, т. к. большинство из них имеют значительное количество неспаренных электронов. Ядро дисперсной фазы окружено оболочкой, слои которой по мере удаления от ядра становятся все менее парамагнитными, а силы межмолекулярных взаимодействий с ядром дисперсной частицы ослабевают. Дисперсионная среда образована из диамагнитных молекул [22].

Парамагнитные молекулы (их неспаренные спины) ориентируются во внешнем магнитном поле в направлении вектора поля. В постоянном магнитном поле это приводит к изменению взаимного расположения молекул из-за поворотов, деформации ассоциатов дисперсной фазы с потерей части внешних слоёв и перехода их в дисперсионную среду. В результате такой перестройки возникает более упорядоченная, сильно коррелированная организация дисперсной структуры с меньшими размерами частиц дисперсной фазы. Воздействие постоянного магнитного поля «фиксирует» новую структуру нефтяных дисперсных систем, характеризующуюся большей гомогенностью и парамагнитной активностью, меньшей вязкостью и поверхностным натяжением.

Возможен также и обратный процесс, приводящий к укрупнению дисперсной фазы [22]. Последнее может иметь место в таких случаях: за счёт увеличения оболочек вокруг ядра, содержащего смолисто-асфальтеновые молекулы (при изменении состава дисперсионной среды); вследствие кристаллизации парафинов (при понижении температуры); при слиянии ядер, лишённых своих оболочек как защитного барьера (вследствие выхода парамагнитных ядер из оболочек под действием достаточно высокой напряжённости магнитного поля).

Выводы

1. Результаты многочисленных исследований воздействия постоянного магнитного поля на поток дизельного топлива подтверждают эффективность такой обработки, однако для выбора оптимального режима необходимы предварительные экспериментальные исследования на конкретном объекте.

2. Подтверждено, что с повышением индукции магнитного поля уменьшается средний размер частиц дисперсной фазы, плотность, вязкость и температура вспышки испытуемого дизельного топлива.

3. Установлено, что применение магнитной обработки дизельного топлива перед подачей в двигатель позволяет снизить удельное потребление топлива на 5 % и уменьшить содержание монооксида углерода в отработавших газах на 70 % при оптимальных параметрах (напряжённость поля: 142–144 кА/м; скорость потока в активном зазоре: 0,68–0,70 м/с).

4. Исследовано влияние магнитной обработки дизельного топлива на показатели качества и выявлен положительный эффект как на дисперсное состояние дизельной фракции, так и на её эксплуатационные свойства. Максимального улучшения свойств дизельного топлива удалось добиться при обработке магнитным полем с величиной индукции 0,4 Тл.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Российский статистический ежегодник*. 2017: стат. сб. М.: Росстат, 2017. 686 с.
2. *Каленченко М. М., Козловский А. Н., Шевченко В. В.* Экономическая эффективность использования Российского рыбопромыслового флота в Баренцевом море // К неистощительному рыболовству:

сер. техн. отчётов / под ред. Е. Д. Красновой, В. А. Спиридонова, К. А. Згуровского. Мурманск, 2007. Вып. 2. 53 с. URL: <https://docplayer.ru/27244894-Ekonomicheskaya-effektivnost-ispolzovaniya-rossiyskogo-rybopro-mylovogo-flota-v-barencevom-more.html> (дата обращения: 15.03.2019).

3. *Vivek Ugare, Ashwin Dhoble, Sandeep Lutade, Krunal Mudafale*. Performance of internal combustion (CI) engine under the influence of strong permanent magnetic field // *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*. 2014. P. 11–17.

4. *Rama Krishna Prasad, Pinchuka Srinivas, Nagendra Babu Dyna*. Performance and emission analysis of VCR diesel engine through fuel ionization under the influence of magnetic field // *International Journal of Research*. 2018. Vol. 7. Iss. 6. P. 11–17.

5. *Swapnil Sureshchandra Bhurat, Himanshu Sharma, Amit Kumar Jha, Krishna Kant, Dixit Prashant Shukla, Ram Kunwer*. Magnetization of diesel fuel for compression ignition engine to enhance efficiency and emissions // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2018. Vol. 13. N. 6. P. 341–347.

6. *Hayder J. Kurji, Murtdha S. Imran*. Magnetic field effect on compression ignition engine performance // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. Vol. 13. N. 12. P. 341–347.

7. *Gad M. S.* Influence of magnetized waste cooking oil biodiesel on performance and exhaust emissions of a diesel engine // *International Journal of ChemTech Research*. 2018. Vol. 11. N. 11. P. 255–267.

8. *Shweta Jain, Suhas Deshmukh*. Experimental investigation of magnetic fuel conditioner (MFC) in I.C. engine // *Journal of Engineering (IOSRJEN)*. 2012. Vol. 2. Iss. 7. P. 27–31.

9. *Abhishek Asthana*. Performance evaluation of sustainable flow motor stems magnets on fuel consumption and engine emissions in IC engines // *Materials and Engineering Research Institute Sheffield Hallam University*. 2017. Vol. 11. URL: <http://www.sustainableflow.org/tests-evaluations/> (дата обращения: 15.03.2019).

10. *Piyush M. Patel, Gaurav P. Rathod, Tushar M. Patel*. Effect of magnetic field on performance and emission of single cylinder four stroke diesel engine // *IOSR Journal of Engineering*. 2014. Vol. 4. Iss. 5. P. 28–34.

11. *Arias Gilart R., Berenguer U. M., Vázquez Nigorenko J. A., Silveira Font Y., Alfaro R. C.* Disminución de las emisiones de monóxido de carbono con el tratamiento magnético del combustible // *Revista Centro Azucar*. 2018. Vol. 45. P. 21–31.

12. *Arias Gilart R., Berenguer U. M., Alfaro R. C., Falcón H. J., Campos S. M.* Effect of different treatments with static magnetic fields on diesel fuel combustion // *Материалы 63-й Междунар. науч. конф. Астрахан. гос. техн. ун-та (Астрахань, 22–26 апреля 2019 г.)*. № гос. регистрации 0321902695. URL: <http://astu.org/Content/Page/5833> (дата обращения: 15.03.2019).

13. *Пивоварова Н. А.* Магнитные технологии добычи и переработки углеводородного сырья. М.: Газпромэкспо, 2009. 120 с.

14. *Пивоварова Н. А.* Эффективные магнитные технологии для промысловой подготовки и транспортировки нефти и газа // *Нефть. Газ. Новации*. 2018. № 5. С. 13–18.

15. *Ciobanu R., Dontu O., Gheorghe G., Avarvarei Iu., Besnea D.* System with permanent magnets used for magnetic treatment of fuel fluids // *Proceedings of International Conference on Innovations, Recent Trends and Challenges in Mechatronics. MECANITECH'11*. 2011. Vol. 3. P. 211–214.

16. *Магнитная обработка углеводородного топлива. Индукционный катализатор*. URL: wl-tech.ru/page_id=10 (дата обращения: 15.03.2019).

17. *Погорлецкий Д. С., Малыгин А. Б., Котыло А. В.* Перспективы магнитной обработки углеводородных топлив на автотранспорте // *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту*. 2013. № 3. С. 58–65.

18. *Велес Парра Р., Пивоварова Н. А.* Влияние магнитной обработки дизельного топлива на эффективность работы двигателя // *Проблемы освоения Астраханского газоконденсатного месторождения: науч. тр. АНИПИГаза. Астрахань: Факел, 1999. С. 136–139.*

19. *Велес Парра Р., Пивоварова Н. А.* Снижение токсичности выхлопных газов при предварительной магнитной обработке дизельного топлива // *Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия: материалы V Всерос. науч. конф. (Астрахань, 03–04 октября 1996 г.)*. Астрахань: Изд-во АГПУ, 2002. С. 201–203.

20. *Пат. РФ № 2167824 C02 F1/48*. Магнитный туннель / Велес Парра Р., Пивоварова Н. А.; заявл. 05.03.1998; опубл. 27.05.2001.

21. *Patent US 5,271,369, МПК F02B 75/00*. Fuel conditioning system for internal combustion engines / Melendrez J. (45); опубл. 21.12.1993.

22. *Унгер Ф. Г.* Фундаментальные и прикладные результаты исследования нефтяных дисперсных систем. Уфа: Изд-во ИНХП РБ, 2011. 264 с.

Статья поступила в редакцию 15.04.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пивоварова Надежда Анатольевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры химической технологии переработки нефти и газа; nadpivov@live.ru.

Акишина Екатерина Сергеевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; ассистент кафедры химической технологии переработки нефти и газа; Pilerskovakat@mail.ru.

Сальникова Татьяна Владимировна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; ассистент кафедры химической технологии переработки нефти и газа; t_salnikova@mail.ru.

Лагарова Инара Романовна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; студент кафедры химической технологии переработки нефти и газа; lagarovai@mail.ru.

Нурмамбетов Данат Даниярович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; студент кафедры химической технологии переработки нефти и газа; danat-1998@mail.ru.



ADVANTAGES OF MAGNETIC TREATMENT OF DIESEL FUELS

**N. A. Pivovarova, E. S. Akishina, T. V. Salnikova,
I. R. Lagarova, D. D. Nurmambetov**

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article focuses on the costs of fuel that take a weighable part in the prime cost of the products. Therefore, the improvement of fuel-efficient technologies has considerable economic and social effect. Magnetic processing is considered as one of nonconventional methods of fuel processing. Using a constant magnetic field reduces fuel consumption, concentration of unburnt hydrocarbons and carbon monoxide, and increases thermal effect of the engine operation. The mechanism of impact of magnetic processing on oil systems has been studied in different research works. Magnetic processing reduces thickness, viscosity, surface tension and increases the degree of dispersion of diesel fuel, resulting in smaller drops in the fuel-air mixture, their mixing with the hot gas-air medium, which leads to the complete burning of fuel-air mixture. To increase the efficiency of magnetic impact on fuel it is necessary to choose optimum regime parameters in each specific case. The influence of a constant magnetic field has been investigated in a three-section magnetic tunnel and the necessary parameters of conditions of diesel fuel processing have been determined by the criteria of fuel consumption and carbon monoxide concentration.

Key words: diesel fuel, fuel consumption, carbon monoxide, magnetic processing, oil disperse system.

For citation: Pivovarova N. A., Akishina E. S., Salnikova T. V., Lagarova I. R., Nurmambetov D. D. Advantages of magnetic treatment of diesel fuels. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2019;2 (68):7-15. (In Russ.) DOI: 10.24143/1812-9498-2019-2-7-15.

REFERENCES

1. *Rossijskij statisticheskij ezhegodnik. 2017: statisticheskij sbornik* [Russian statistical yearbook. 2017: statistical collection]. Moscow, Rosstat Publ., 2017. 686 p.
2. Kalenchenko M. M., Kozlovskij A. N., Shevchenko V. V. Ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya Rossijskogo rybopromyslovogo flota v Barencevom more. *K neistoshchitel'nomu rybolovstvu: seriya tekhnicheskikh otchyotov* [Economic efficiency of using Russian fishing fleet in the Barents Sea. Sustainable fisheries: series of technical reports]. Pod redakciej E. D. Krasnovoj, V. A. Spiridonova, K. A. Zgurovskogo. Murmansk,

2007, iss., 2, 53 p. Available at: <https://docplayer.ru/27244894-ekonomicheskaya-effektivnost-ispolzovaniya-rossiyskogo-rybopromyslovogo-flota-v-barencevom-more.html> (accessed: 15.03.2019).

3. Vivek Ugare, Ashwin Dhoble, Sandeep Lutade, Krunal Mudafale. Performance of internal combustion (CI) engine under the influence of strong permanent magnetic field. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 2014, pp. 11-17.

4. Rama Krishna Prasad, Pinchuka Srinivas, Nagendra Babu Dyna. Performance and emission analysis of VCR diesel engine through fuel ionization under the influence of magnetic field. *International Journal of Research*, 2018, vol. 7, iss. 6, pp. 11-17.

5. Swapnil Sureshchandra Bhurat, Himanshu Sharma, Amit Kumar Jha, Krishna Kant, Dixit Prashant Shukla, Ram Kunwer. Magnetization of diesel fuel for compression ignition engine to enhance efficiency and emissions. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2018, vol. 13, no. 6, pp. 341-347.

6. Hayder J. Kurji, Murtdha S. Imran. Magnetic field effect on compression ignition engine performance. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 13, no. 12, pp. 341-347.

7. Gad M. S. Influence of magnetized waste cooking oil biodiesel on performance and exhaust emissions of a diesel engine. *International Journal of ChemTech Research*, 2018, vol. 11, no. 11, pp. 255-267.

8. Shweta Jain, Suhas Deshmukh. Experimental investigation of magnetic fuel conditioner (MFC) in I.C. engine. *Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 2012, vol. 2, iss. 7, pp. 27-31.

9. Abhishek Asthana. Performance evaluation of sustainable flow motor stems magnets on fuel consumption and engine emissions in IC engines. *Materials and Engineering Research Institute Sheffield Hallam University*, 2017, vol. 11. Available at: <http://www.sustainableflow.org/tests-evaluations/> (accessed: 15.03.2019).

10. Piyush M. Patel, Gaurav P. Rathod, Tushar M. Patel. Effect of magnetic field on performance and emission of single cylinder four stroke diesel engine // *IOSR Journal of Engineering*, 2014, vol. 4, iss. 5, pp. 28-34.

11. Arias Gilart R., Berenguer U. M., Vázquez Nigorenko J. A., Silveira Font Y., Alfaro R. C. Disminución de las emisiones de monóxido de carbono con el tratamiento magnético del combustible. *Revista Centro Azucar*, 2018, vol. 45, pp. 21-31.

12. Arias Gilart R., Berenguer U. M., Alfaro R. C., Falcón H. J., Campos S. M. Effect of different treatments with static magnetic fields on diesel fuel combustion. *Materialy 63-j Mezhunarodnoj nauchnoj konferencii Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Astrahan', 22-26 aprelya 2019 g.)*. № gosudarstvennoj registracii 0321902695. Available at: <http://astu.org/content/page/5833> (accessed: 15.03.2019).

13. Pivovarova N. A. *Magnitnye tekhnologii dobychi i pererabotki uglevodorodnogo syr'ya* [Magnetic technologies for hydrocarbon production and processing]. Moscow, OOO «Gazpromekspo», 2009. 120 p.

14. Pivovarova N. A. Effektivnye magnitnye tekhnologii dlya promyslovoj podgotovki i transportirovki nefi i gaza [Efficient magnetic technology of field preparation and transportation of oil and gas]. *Neft'. Gaz. Novacii*, 2018, no. 5, pp. 13-18.

15. Ciobanu R., Dontu O., Gheorghe G., Avarvarei Iu., Besnea D. System with permanent magnets used for magnetic treatment of fuel fluids. *Proceedings of International Conference on Innovations, Recent Trends and Challenges in Mechatronics. MECAHITECH'11*, 2011, vol. 3, pp. 211-214.

16. *Magnitnaya obrabotka uglevodorodnogo topliva. Indukcionnyj katalizator* [Magnetic processing of hydrocarbon fuels. Induction catalyst]. Available at: wl-tech.ru/page_id=10 (accessed: 15.03.2019).

17. Pogorleckij D. S., Malygin A. B., Kotylo A. V. Perspektivy magnitnoj obrabotki uglevodorodnyh topliv na avtotransporte [Prospects for magnetic processing of hydrocarbon fuels on motor transport]. *Visnik Donec'koï akademii avtomobil'nogo transportu*, 2013, no. 3, pp. 58-65.

18. Veles Parra R., Pivovarova N. A. Vliyanie magnitnoj obrabotki dizel'nogo topliva na effektivnost' raboty dvigatelya [Effect of magnetic processing of diesel fuel on engine performance]. *Problemy osvoeniya Astrahanskogo gazokondensatnogo mestorozhdeniya: nauchnye trudy ANIPIGaza*. Astrahan', IPC «Fakel», 1999. Pp. 136-139.

19. Veles Parra R., Pivovarova N. A. Snizhenie toksichnosti vyhlopnyh gazov pri predvaritel'noj magnitnoj obrabotke dizel'nogo topliva. Ekologo-biologicheskie problemy Volzhskogo regiona i Severnogo Prikaspiya [Decrease of toxicity of exhaust gases at preliminary magnetic processing of diesel fuel. Ecological and biological problems of the Volga region and the Northern Caspian]. *Materialy V Vserossijskoj nauchnoj konferencii (Astrahan', 03-04 oktyabrya 1996 g.)*. Astrahan', Izd-vo AGPU, 2002. Pp. 201-203.

20. Veles Parra R., Pivovarova N. A. *Magnitnyj tunnel'* [Magnetic tunnel]. Patent RF, no. 2167824 S02 F1/48, 27.05.2001.

21. Melendrez J. *Fuel conditioning system for internal combustion engines*. Patent US, no. 5,271,369, 21.12.1993.

22. Unger F. G. *Fundamental'nye i prikladnye rezul'taty issledovaniya neftyanyh dispersnyh sistem* [Fundamental and applied research results for oil disperse systems]. Ufa, Izd-vo INHP RB, 2011. 264 p.

The article submitted to the editors 15.04.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pivovarova Nadezhda Anatolievna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas; nadpivov@live.ru.

Akishina Ekaterina Sergeevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Assistant of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas; Piterskovakat@mail.ru.

Salnikova Tatyana Vladimirovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Assistant of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas; t_salnikowa@mail.ru.

Lagarova Inara Romanovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Student of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas; lagarovai@mail.ru.

Nurmambetov Danat Daniyarovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Student of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas; danat-1998@mail.ru.

