

УДК 537.636: 632.15:621.311

МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

Фефилов К. А., студент гр. ПИБ-241, II курс, Беляев А. А., студент
гр. ПИБ-241, II курс, Елкин И.С., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Аннотация. В статье рассматривается метод магнитно-импульсной обработки (МИО) углеводородного топлива как способ изменения его свойств. Магнитно-импульсная обработка углеводородного топлива – физико-химическая технология, направленная на улучшение его топливно-энергетических свойств. Приведены основные принципы воздействия импульсных магнитных полей на структуру топлива, рассмотрены механизмы модификации молекулярных связей и агрегатного состояния углеводородов. Уделяется внимание экспериментальным исследованиям, повышения эффективности сгорания топлива после обработки.

Ключевые слова: магнитно-импульсная обработка, углеводородное топливо, модификация свойств, импульсное магнитное поле, эффективность сгорания.

Магнитно-импульсные методы обработки веществ получили широкое распространение в последние десятилетия. Особенно перспективным является их применение в топливной энергетике, где основными задачами являются повышение энергоэффективности и снижение вредных выбросов. Углеводородное топливо обладает сложной структурой, а магнитное импульсное воздействие позволяет модифицировать его на молекулярном уровне без использования химических добавок [1], [2].

Энергию взаимодействия между молекулами под действием магнитного поля можно определить по формуле:

$$W = -\vec{\mu} \cdot \vec{B},$$

где $\vec{\mu}$ – магнитный момент молекулы, $\vec{B}$ – магнитная индукция.

Формула служит теоретическим обоснованием воздействия МИО на углеводородное топливо. Она показывает:

- Любая молекула с магнитным моментом будет стремиться занять энергетически выгодное положение в магнитном поле.
- При импульсном воздействии поля изменяется ориентация молекул, что способствует временной дестабилизации межмолекулярных комплексов. Это объясняет, почему МИО может улучшать воспламеняемость и полноту сгорания топлива без добавления присадок [1 – 5].

Под действием магнитного импульса наблюдается перераспределение электронной плотности в молекулах топлива. Это приводит к снижению вязкости, повышению однородности смеси и увеличению реакционной способности углеводородов. Магнитное поле влияет на свободные радикалы, стимулируя их активность и повышая степень и скорость окисления [4, 6, 7]. Также наблюдается рост коэффициента распада высокомолекулярных фракций и улучшение испаряемости. Всё это в совокупности приводит к более полному и равномерному сгоранию, увеличивая теплоту сгорания и снижая уровень остаточных продуктов.

Для демонстрации изменений характеристик углеводородного топлива приведена в таблице 1.

Таблица 1

Изменения характеристик углеводородного топлива

Показатель	До обработки	После обработки
Плотность, кг/м ³	830	818
Вязкость, мм ² /с	3,2	2,9
Цетановое число	46	50
Выбросы СО, мг/км	920	850

Из таблицы 1 видно:

1. Наблюдается снижение плотности на 12 кг/м³. Уменьшение плотности положительно сказывается на качестве распыла топлива в цилиндрах двигателя, так как менее плотное топливо легче атомизируется форсунками.

2. Снижение вязкости с 3,2 до 2,9 мм²/с. Оптимальная вязкость имеет важное значение для работы топливной аппаратуры. Снижение вязкости улучшает прокачиваемость топлива и тонкость его распыления, что способствует более однородному образованию топливно-воздушной смеси.

3. Цетановое число. Наиболее значимым изменением является увеличение цетанового числа на 4 единицы (с 46 до 50). Цетановое число характеризует воспламеняемость топлива. Его повышение сокращает период задержки воспламенения, то есть топливо воспламеняется быстрее после впрыска в цилиндр. Это приводит к более плавному и эффективному сгоранию, снижению ударных нагрузок на двигатель и уменьшению шума.

4. В результате оптимизации процесса сгорания за счет улучшенных физико-химических свойств выбросы оксида углерода (СО) снизились на 70 мг/км. Окись углерода является продуктом неполного сгорания, и ее снижение прямо указывает на возросшую эффективность и экологичность рабочего процесса.

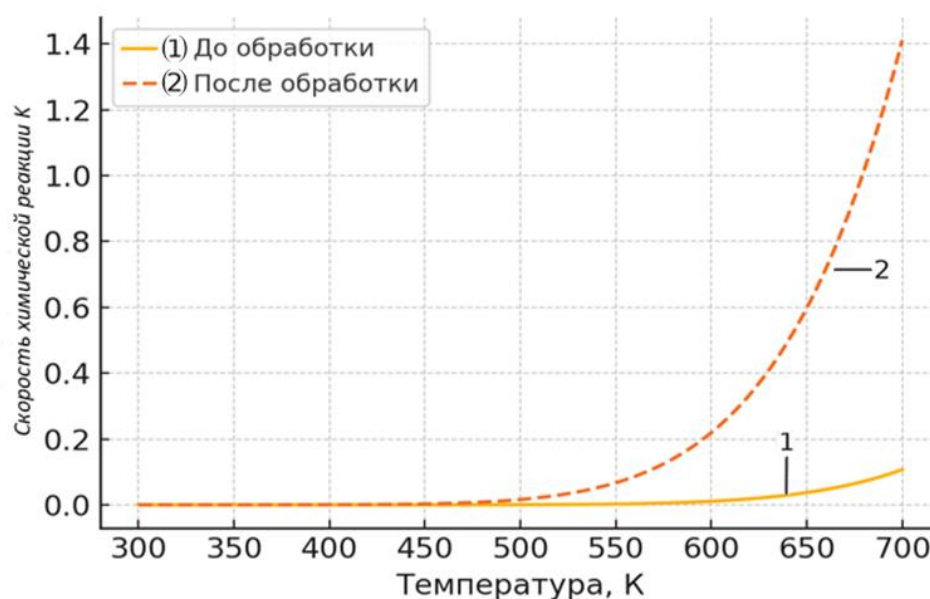


Рис. 1. Зависимость скорости химической реакции от температуры

На рис. 1 представлена зависимость скорости химической реакции от температуры в диапазоне от 300 К до 700 К. Кривая (1) показывает классическое поведение, описываемое уравнением Аррениуса, согласно которому скорость реакции возрастает с увеличением температуры.

Резкий рост скорости реакции. В интервале температур от 300 К до 500 К наблюдается значительный экспоненциальный рост скорости реакции. Этот факт объясняется увеличением средней кинетической энергии молекул, что приводит к большему числу эффективных соударений, преодолевающих энергетический барьер (энергию активации) реакции.

Выход на плато (насыщение). После достижения температуры около 500–550 К скорость реакции перестает расти линейно и выходит на плато.

Скорость реакции окисления топлива при нагревании описывается уравнением Аррениуса [8, 9]:

$$K = A \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right),$$

где K — константа скорости; A — эмпирическая константа (стерический фактор); E_a — энергия активации молекулы; R — газовая постоянная; T — термодинамическая температура.

Компактность установки и её энергетическая независимость делают технологию привлекательной для включения в существующие производственные цепочки, включая заправочные станции и резервуарные системы хранения.

На нефтеперерабатывающих предприятиях МИО используется для предварительной подготовки сырья (нефть) для производства топлива, улучшая его текучесть и однородность перед дальнейшей переработкой. Также ведутся эксперименты по включению модулей МИО в топливопроводы для непрерывной обработки потока [8].

По результатам анализа и исследований промышленным применениям технологии, нами спроектирована собственная схема МИО топлива, приведена на рис. 2.

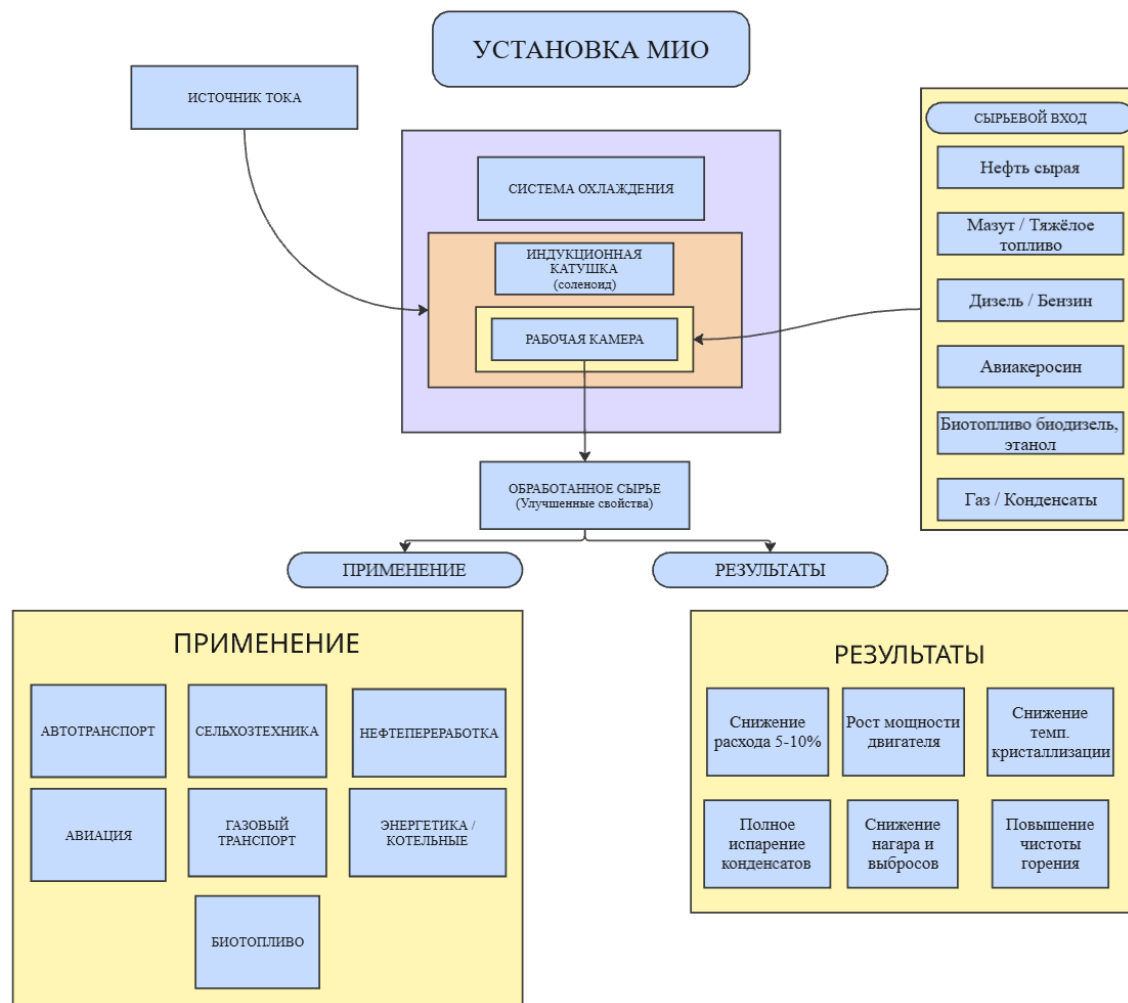


Рис. 2. Технологическая схема МИО топлива

Несмотря на очевидные преимущества опытного применения МИО, технология магнитно-импульсной обработки сталкивается с рядом трудностей:

- Недостаточная теоретическая база: механизмы воздействия на молекулярном уровне до конца не изучены.
- Ограниченность типов топлива: эффективность может варьироваться в зависимости от состава и фракционной структуры.
- Проблемы стандартизации: нет единых норм по параметрам установки и способам оценки результата.

Однако растущий интерес к безреагентным методам модификации углеводородов создаёт благоприятную почву для развития исследований в данной направлении. Ожидается, что в ближайшие годы будет создано новое поколение МИО-установок с автоматическим подбором параметров под тип топлива и задач пользователя.

Список литературы:

1. Богданов А.В., Малыгин Б.В., Бень А.П., Коновалов М.Ю. Влияние параметров МИО на донорно-акцепторную рекомбинацию носителей заряда в неупорядоченных структурах // Науковий вісник ХДМІ. 2011. - №2 (5). - С. 93-101.
2. Жоробаев Н.Ж. Магнитно-импульсная обработка топлива / Форум молодых ученых. 2018. № 1 (17). С. 401-404.
3. Барсуков В. И. Электромагнетизм / Электромагнитная индукция, магнитные свойства вещества, электромагнитные колебания и волны //
4. Пивоварова Н.А., Дорохов А.Ф., Шахов В.В., Власова Г.В., Байрамова Ю.Ш. Исследование влияния магнитной обработки топлива на работу судового двигателя // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 4. С. 61-68.
5. Ведрученко В. Р.; Крайнов В. В.; Казимиров А. В. Влияние химико-кинетических факторов на экологические показатели котельной установки при сжигании мазута и водомазутной эмульсии // Омский научный вестник. 2003. № 1 (22). С. 27-30.
6. Слюсарский К. В., Короких А. Г. Влияние температуры окислительной среды на скорость реакции газификации угольного кокса/ XXI Международная научная конференция «Современные техника и технологии». Секция 1: Устойчивая энергетика. С. 167 – 170. [Электронный ресурс].
7. Миронычев Д. А. Жидкое биотопливо современности // Аллея науки. 2019. Т. 1. № 8 (35). С. 107-118.
8. Князева М.А., Дзю И.М., Минаев А.П. Магнитно-импульсная обработка топлива / В сборнике: Актуальные проблемы агропромышленного комплекса. Сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ. 2020. С. 267-270.