

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ И ЦЕТАНОВОГО ЧИСЛА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Варнаков Дмитрий Валерьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность»

Варнаков Валерий Валентинович, профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность»

Варнакова Екатерина Алексеевна, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

432000, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д.42. Тел.: +7 950-882-34-63

E-mail: varnndm@mail.ru

Ключевые слова: биотопливо, биодизельное топливо, оперативный контроль качества биотоплива, датчик мутности, стабильность биотоплива, низкотемпературные свойства биотоплива.

Биодизельное топливо является разновидностью биотоплива на основе растительных или животных жиров (масел), а также продуктов их этерификации. Его применяют на автотранспорте как в чистом виде так и в качестве различных смесей с дизельным топливом. В качестве биодизельного топлива для центрального и южных регионов России, с учетом эксплуатационных параметров и экономических факторов, по низкотемпературным свойствам подходит топливо с содержанием рапсового масла 30 %. Требованиям ГОСТ Р52368-05 (ЕН 590:2009) по цетановому числу также удовлетворяет биодизельное топливо с содержанием рапсового масла до 30 %. Биодизельное топливо, состоящее из 30 % рапсового масла и 70 % дизельного топлива, соответствует требованиям ГОСТа Р52368-05 (ЕН 590:2009). Применение такого биодизельного топлива не требует переделки топливной аппаратуры и самого дизельного двигателя.

Введение

В настоящее время в экономически развитых странах существуют программы по развитию энергетики, основанной на возобновляемых источниках энергии. Все более актуальными становятся вопросы использования альтернативных топлив для

автомобилей. Производство биотоплива поддерживается многими странами Европы как мерами льготного налогообложения, так и целевыми программами, устанавливающими долю биотоплива. Так, в Евросоюзе принята Директива, устанавливающая цели замещения жидкого топлива биотопливом,

а также объявлены стратегические цели по обеспечению энергетической безопасности и приоритеты экологической политики, ориентированные до 2020 г. [1, 2].

Биодизельное топливо является разновидностью биотоплива на основе растительных или животных жиров (масел), а также продуктов их этерификации. Такие масла (чаще всего рапсовое) применяют на транспорте как в чистом виде, так и в виде смесей с различным содержанием дизельного топлива.

Однако имеется ряд причин, ограничивающих применение биотоплива, одной из которых является недостаточная стабильность при хранении. Таким образом, одной из основных технических задач при использовании биотоплива является оперативный контроль его качества в процессе эксплуатации автомобилей. Также одним из основных показателей является температура помутнения. Данный показатель зависит от многих факторов и может изменяться в процессе хранения и использования биотоплива. При низких температурах этот показатель имеет большое значение, т.к. повышается вязкость топлива, происходит образование кристаллов, что может привести к засорению топливных фильтров и отказам топливной аппаратуры дизельных двигателей.

Поэтому задача определения оптимального соотношения рапсового масла и дизельного топлива является актуальной.

Объекты и методы исследований

Для улучшения низкотемпературных свойств биотоплива существует несколько способов. В частности, применяют способ повышения окислительной стабильности биотоплива путем добавления 2,6-ди-трет-бутилгидрокситолуола [3]. Жидкий исходный раствор содержит от 15 до 60 вес. % 2,6-ди-трет-бутилгидрокситолуола, растворенного в дизельном биотопливе. Стабилизированное дизельное биотопливо содержит от 0,005 до 2 вес. % растворенного 2,6-ди-трет-бутилгидрокситолуола. Технический результат - повышение окислительной стабильности. Недостатком данного способа является кратковременный результат, так как при хранении биодизельного топлива дольше определенного срока некоторые компоненты выпадают в осадок и топливо становится непригодным для использова-

ния в дизельных двигателях.

Известен «Способ электромагнитной очистки и обработки топлива» [4, 5, 6]. Его сущность заключается в том, что поток топлива пропускают через электромагнитный аппарат с регулируемой напряженностью магнитного поля. На входе в аппарат топливо подогревают до температуры 300...312 К, придают ему вращательное движение в зоне взаимодействия с магнитным полем и отводят одновременно воздух из зоны взаимодействия.

Также известно «Устройство для обработки и очистки топлива двигателей внутреннего сгорания» [4, 5]. Проведенная с его помощью обработка топлива перед подачей в двигатель позволяет значительно снизить токсичность отработавших газов и повысить экономичность двигателя за счет интенсификации процесса смесеобразования и сгорания путем увеличения тонкости распыла капель топлива из-за снижения сил его поверхностного натяжения, возникающего под действием электромагнитного поля.

Одним из направлений решения задачи оценки качества биотоплива является разработка средств оперативного контроля качества биотоплива. Существуют системы оперативного контроля качества топлив [5, 7, 8], однако они не оценивают его мутность. Для увеличения полноты оценки качества биотоплива нами разработано устройство оперативного контроля качества с оптическим датчиком, позволяющим оперативно контролировать мутность топлива [9, 10].

Принцип действия устройства оперативного контроля качества биотоплива заключается в оценке детонационной стойкости биотоплива с одновременным контролем его мутности в процессе работы двигателя.

Устройство оперативного контроля качества биотоплива позволяет выводить результаты оценки качества биотоплива на бортовой компьютер автотранспортного средства и информировать водителя о значительном отклонении от установленного качества биотоплива, либо о необходимости прекращения эксплуатации техники.

Датчик мутности в устройстве оперативного контроля качества биотоплива работает совместно с датчиком температуры.



Рис. 1 – Образцы топлива



Рис. 2 - Анализатор низкотемпературных свойств нефтепродуктов «ИРЭН 2.3»



Рис. 3 – Отборник проб



Рис. 5 - Дисплей прибора «ИРЭН 2.3»

Таким образом, при обработке данных, получаемых электронным блоком управления, возможен оперативный контроль этого параметра, а также его прогнозирование.

Для определения контрольных зна-

чений датчика мутности необходимо выяснить, как ведет себя биотопливо при низких температурах и как меняются его низкотемпературные свойства.

Основной задачей являлось определение низкотемпературных свойств биодизельного топлива в зависимости от температуры и процентного содержания в нем рапсового масла.

На территории Европейской части России перепад средних температур составляет 60°C. Большую часть года держатся отрицательные и близкие к нулю температуры. При этом большое значение имеет получение рационального соотношения базовых компонентов биотоплива, удовлетворяющего климатическим особенностям окружающей среды.

Исследуемыми образцами служила смесь дизельного топлива (зимнего) и рапсового масла. Были приготовлены 11 образцов, из них – 9 смесевых биотоплив, 1 образец – чистое дизельное топливо и 1 – рапсовое масло. Все 11 образцов смешивали в строгих пропорциях (рис. 1).

Исследования проводили в Ульяновском филиале Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН.

При проведении исследований использовали анализатор низкотемпературных свойств нефтепродуктов «ИРЭН 2.3» (рис. 2).

Прибор предназначен для быстрого определения температур помутнения, начала кристаллизации и застывания дизельных топлив (в том числе и с депрессорными присадками), моторных масел, авиационных керосинов и антифризов. Данные параметры определяют бесперебойную подачу топлива в двигатель при низкой температуре окружающей среды и являются критическими при эксплуатации техники в таких условиях.

Принцип определения температуры помутнения основан на регистрации изменения интенсивности оптического излучения, проходящего через кювету с исследуемым нефтепродуктом в процессе ее охлаждения.

Принцип определения температур начала кристаллизации и застывания основан на регистрации изменения амплитуды колебаний вибросонда, находящегося в исследуемом нефтепродукте в процессе его охлаждения. Вибросонд выполнен в виде съемной приставки к основному блоку прибора.

Встроенная микропроцессорная система обеспечивает автоматический режим измерения и возможность связи с внешней ЭВМ. Применение данного прибора сокращает время анализа пробы топлива и не требует специальной подготовки обслуживающего персонала.

Проводили по три исследования каждого из 11 образцов. Для отбора одинакового количества пробы использовали специальный лабораторный шприц со сменными насадками (рис. 3).

При каждом исследовании 0,2 мл образца с помощью отборника помещали в кюветку (рис. 4).

Пробу накрывали сверху виброндом, при этом емкость кюветки становилась герметичной, что позволяло избежать воздействия окружающей среды.

Исследование начинали с калибровки прибора «ИРЭН2.3» и приведении пробы к 20°C. Именно с этой температуры начинали охлаждение образца. За нижний предел температуры был принят -53°C. Затем начинали плавное нагревание образцов до температуры 20°C. При этом прибором контролировали такие параметры, как температура помутнения, начала кристаллизации и застывания, которые выводились на дисплей (рис. 5).

При расчете оптимального процентного соотношения рапсового масла и дизельного топлива следует учитывать не только низкотемпературные свойства, но и цетановое число биодизеля [11, 12]. Известно, что с увеличением процентного содержания рапсового масла в биодизеле пропорционально снижается цетановое число. Исследования влияния процентного соотношения рапсового масла и дизельного топлива на цетановое число проводили в испытательной лаборатории нефтепродуктов, аккредитованной Госстандартом России на техническую компетентность и независимость.

На одноцилиндровой установке для определения цетановых чисел дизельных топлив ИДТ-90 исследовали три пробы с содержанием рапсового масла 10 %, 20 % и 30 %.

Установка ИДТ-90 (рис. 6) предназначена для определения цетановых чисел дизельных топлив и их компонентов по методу совпадения вспышек согласно ГОСТ 3122-67 по методу совпадения вспышек с использованием элек-

тронного индикатора периода задержки воспламенения (ИПЗВ-2). Диапазон определения цетановых чисел – от 20 до 80.

Сущность определения цетанового числа по методу совпадения вспышек заключается в сравнении самовоспламеняемости испытуемого топлива с самовоспламеняемостью эталонных топлив с известными цетановыми числами при стандартных условиях испытания.

Установка состоит из одноцилиндрового четырехтактного предкамерного поршневого двигателя внутреннего сгорания с переменной степенью сжатия, приводом с асинхронным электродвигателем переменного тока, пульта управления с контрольно-измерительными приборами, систем двигателя и вспомогательного оборудования. Для оценки самовоспламеняемости при определении цетановых чисел топлив использовали электронную аппаратуру типа ИПЗВ-2 с системой бесконтактных датчиков впрыска и воспламенения.

Результаты исследований

По результатам исследований строили графики. Параметры замеряли с интенсивностью восемь раз в секунду. Все данные записывали в текстовый файл. После каждого исследования кювету тщательно промывали бензином несколько раз, затем ее промывали следующим испытуемым образцом. Первоначально исследовали образец с чистым дизельным топливом. Результаты исследования этого образца представлены на рис. 7 [11, 12].

Анализ показал, что исследуемое топливо охлаждается с небольшим запозданием относительно дна кюветы. Дно кю-

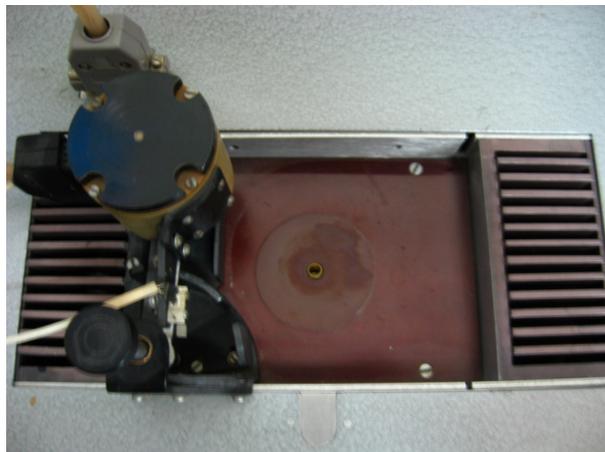


Рис. 4 – Кювета и вибронд



Рис. 6 - Установка определения цетановых чисел дизельных топлив ИДТ-90



1 – температура дна кюветы; 2 – температура пробы; 3 – оптический сигнал; 4 – вибросигнал

Рис. 7 – Диаграмма исследования дизельного зимнего топлива

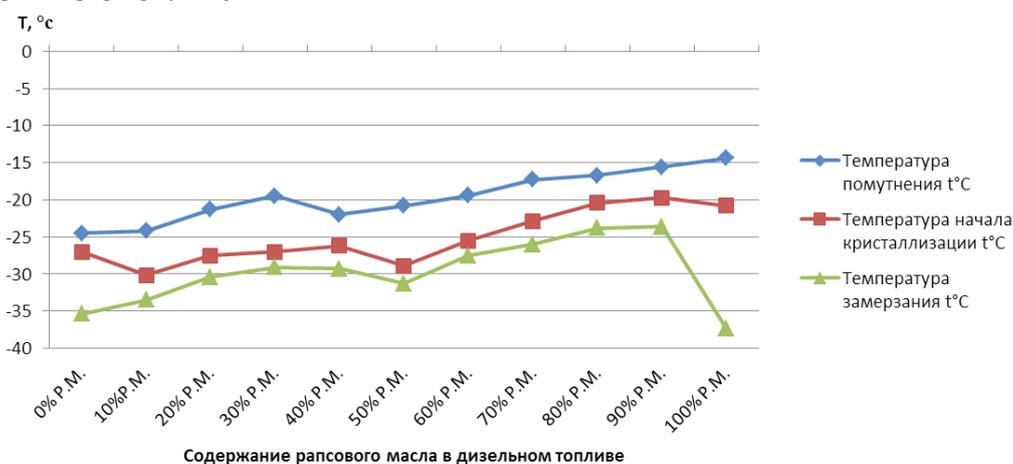


Рис. 8 – Результаты исследований низкотемпературных свойств биодизельного топлива

веты охлаждается с помощью элементов Пельтье. С понижением температуры вязкость понижается в два этапа: первый этап – плавный, второй – резкий. При температуре начала кристаллизации дизельного зимнего топлива $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ резко понижается вязкость топлива. Оптический сигнал резко снижается при помутнении дизельного топлива при температуре $-24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

С последовательным увеличением содержания рапсового масла в смеси с дизельным топливом получены остальные графики низкотемпературных свойств топлив (рис. 8).

Анализ графиков выявил четкую закономерность. С повышением процентного содержания рапсового масла температуры помутнения, начала кристаллизации и замерзания повышаются. Оптимальное процентное соотношение рапсового масла к дизельному составляет от 1 % до 30 % для зимнего дизельного топлива.

По результатам исследования биодизельного топлива по цетановому числу была построена диаграмма изменения цетанового числа с учетом процентного содержания рапсового масла в биодизельном топливе (рис. 9).

Приведенная зависимость свидетельствует о том, что с увеличением содержания рапсового масла в биодизеле до 30 % цетановое число снижается до 47. Цетановое число для дизельного топлива ЕВРО класс 3, вид III (ДТ-А-К5) ГОСТ Р52368-05 (ЕН 590:2009) должно быть не ниже 46. Дальнейшее увеличение содержания в биотопливе рапсового масла не целесообразно.

Выводы

С учетом своих эксплуатационных и низкотемпературных свойств для централь-

ного и южных регионов России подходит биодизельное топливо с содержанием рапсового масла до 30 %. Оно также удовлетворяет требованиям ГОСТа Р52368-05 (ЕН 590:2009) по цетановому числу. Применение биодизельного топлива с таким соотношением компонентов не требует переделки топливной аппаратуры и самого дизельного двигателя.

Библиографический список

1. Варнаков, Д.В. Результаты разработки устройства поддержания эксплуатационных свойств дизельных и биодизельных топлив / Д.В. Варнаков, В.В. Варнаков, А.В. Платонов // Опто-, наноэлектроника, нанотехнологии и микросистемы: сборник трудов 18-й Международной конференции. - Ульяновск: УлГУ, 2015.- С. 203-204.

2. Электронный ресурс: <http://www.cleandex.ru/articles/2008/07/08/biofuels-eurore>. Режим доступа - свободный.

3. Патент 2340655, МПК С10L1/183 (2006.01). Применение 2,6-ДИ-ТРЕТ-БУТИЛГИДРОКСИТОЛУОЛА для повышения окислительной стабильности при хранении / Ингендо Аксель (DE), Ротер Кристиан (DE), Хайзе Клаус-Петер (DE).

4. Патент RU 2270355, МПК F02M27/04 (2006.01). Устройство для обработки и очистки топлива двигателей внутреннего сгорания / В.В.Варнаков, А.П.Кожевников, А.Е.Абрамов. – Оpubл. 20.02.2006, Бюл. № 12.

5. Патент RU 2320983. Способ и система контроля качества топлива / В.В.Варнаков, А.Е.Абрамов, Д.В.Варнаков. - Оpubл. 27.03.2008, Бюл. № 3.

6. Варнаков, В.В. Математическая модель процесса разделения эмульсии «дизельное топливо - вода» в цилиндрических гидроциклонах / В.В. Варнаков, К.Р. Кундротас, Д.В. Варнаков // Международный научный журнал. -2013.- № 1. - С. 99-102.

7. Варнаков, В.В. Способ и система оценки стабильности качества биотоплива для дизельных двигателей / В.В. Варнаков, Д.В. Варнаков, А.В. Платонов // Международный научный журнал.- 2013.- № 3. - С. 95-101.

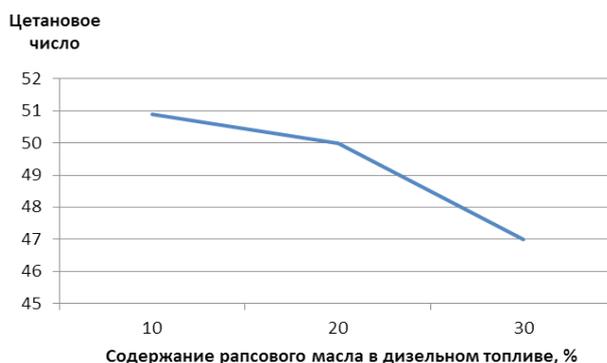


Рис. 9 – Диаграмма изменения цетанового числа с увеличением процентного содержания рапсового масла в дизельном топливе

8. Варнаков, В.В. Способ и система оценки стабильности качества биотоплива для дизельных двигателей / В.В. Варнаков, Д.В. Варнаков, А.В. Платонов // Международный научный журнал. - 2013. - № 3. - С. 95-101.

9. Патент на полезную модель RU 147779. Устройство контроля низкотемпературных свойств дизельных и биодизельных топлив с системой подогрева / В.В.Варнаков, Д.В.Варнаков, А.В.Платонов, Е.А. Варнакова. – Оpubл. 16.07.2014, Бюл. № 9.

10. Патент 2471186. Устройство оперативного контроля качества биотоплива / В. В.Варнаков, Д.В.Варнаков, А.В. Платонов. – Оpubл. 30.09.2011, Бюл. № 7.

11. Варнаков, В.В. Подготовка и контроль качества биотоплива в двигателях внутреннего сгорания / В.В.Варнаков, Д.В.Варнаков, А.В. Платонов // Актуальные проблемы современной науки и образования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. –Ульяновск: УлГУ, 2010. - С. 30-32.

12. Результаты исследований низкотемпературных свойств биодизельного топлива / В.В. Варнаков, Д.В. Варнаков, Е.А. Варнакова, А.В. Платонов, Б.А.Соломин, А.М. Низаметдинов // Международный научный журнал.- 2013.- № 5. - С. 104-109.