

Как видно из результатов, представленных на рисунке 1, добавление низкотемпературной присадки А к ДТ при обеих температурах введения незначительно снижает температуру помутнения и ПТФ ($\Delta 2^\circ\text{C}$), но значительно снижает температуру застывания, при добавлении присадки при 25 и 50 °С на 21 и 19 °С соответственно, однако разница между температурами застывания смеси, полученной при различных температурах ввода присадки также незначительна и находится в области погрешности метода определения. Таким образом, для присадки А можно заключить, что изменение температуры ввода присадки не оказывает существенного влияния на эффективность её действия.

Добавление присадки Б при температурах 25 и 50 °С понизило температуру помутнения на 2 и 3 °С соответственно. ПТФ при добавлении присадки понизилась на 15 и 21 °С соответственно, при этом температура застывания в обоих случаях понизилась на 25 °С.

Таким образом в ходе лабораторных исследований, было установлено, что присадка А практически не влияет на температуру помутнения и ПТФ топлива независимо от температуры ввода, изменения лежат в пределах погрешности методов определения данных характеристик, однако присадка оказывает влияние на температуру застывания, но и в данном случае температура ввода не оказывает значительного влияния на эффективность присадки.

Присадка Б улучшает все три низкотемпературные характеристики исследуемого образца ДТ, однако разница температуры ввода присадки главным образом отразилась на ПТФ – введение присадки при 50 °С повышает эффективность действия присадки на 6 °С.

Литература

1. ГОСТ 22254-92 «Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре». – Москва: Стандартинформ, 1992. – 16 с.
2. ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания». – Москва: Стандартинформ, 2006. – 9 с.
3. ГОСТ 5066-2018 «Топлива моторные. Методы определения температур помутнения, начала кристаллизации и замерзания». – Москва: Стандартинформ, 2019. – 14 с.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ БИОДИЗЕЛЯ В СМЕСИ С НЕФТЯНЫМ ДИЗЕЛЕМ НА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА ТОПЛИВА

Торчакова О.М., Белозерцева Н.Е.

Научный руководитель - аспирант Н.Е. Белозерцева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Потребление большого количества ископаемого топлива, а также сокращение площади лесов приводит к увеличению концентрации углекислого газа в атмосфере Земли. Эти факторы приводят к тому, что человечество вынуждено сокращать объемы потребления топлива из традиционного углеводородного сырья. Актуальным становится поиск альтернативных топлив из возобновляемых источников сырья. Технологии возобновляемой энергетики находят все большее применение во многих странах мира. Биодизельное топливо, или биодизель (БиоДТ), считается наиболее перспективным топливом для использования в дизельных двигателях внутреннего сгорания. Его основные преимущества заключаются в нетоксичности, биоразлагаемости и доступности сырья для получения.

Для многих регионов Российской Федерации, характеризующихся холодным климатом, низкотемпературные свойства топлива (температура помутнения ($T_{п}$), предельная температура фильтруемости (ПТФ) и температура застывания ($T_{з}$) [6]) являются наиболее важными характеристиками, так как определяют возможность его транспортировки, перекачки и применения.

На сегодняшний день БиоДТ наиболее часто используется в качестве компонента топлива в смеси с нефтяным дизельным топливом (ДТ), что не требует внесения изменений в конструкцию дизельного двигателя [7], но при этом приводит к существенному улучшению эксплуатационных и экологических свойств ДТ.

Сырьем для получения БиоДТ являются различные животные жиры и водоросли, но наибольшей популярностью пользуются растительные масла (подсолнечное, кукурузное, горчичное, льняное, хлопковое, рапсовое и др.), которые подвергаются реакции переэтерификации, где в качестве переэтерифицирующего агента обычно используются спирты (чаще всего метанол или этанол). Катализаторами данной реакции могут выступать либо гомогенные щелочные катализаторы, к которым относятся гидроксид натрия или гидроксид калия, либо гомогенные кислотные катализаторы, к которым можно отнести серную кислоту, редко применяются гетерогенные катализаторы (карбонат натрия или калия и др.) [1]. Таким образом, в качестве биотоплив пригодны не сами растительные масла, а получаемые на их основе, в результате реакции переэтерификации, сложные эфиры жирных кислот.

В данной работе синтез БиоДТ проводился из подсолнечного (ПБиоДТ) и горчичного масел (ГБиоДТ) с использованием этилового спирта и гидроксида натрия (NaOH). Синтез проводился при следующих параметрах: молярное соотношение растительное масло: спирт – 1: 6; концентрация катализатора NaOH – 1,75 % от массы растительного масла; температура реакции составляла 45 °С; время реакции – 1 ч.

Методика синтеза заключалась в том, что растительное масло помещалось в термостойкий стакан, выступающий реактором для синтеза, оснащенный мешалкой для поддержания однородности реакционной смеси и термометром для контроля температуры процесса. Масло предварительно нагревалось до определенной

**СЕКЦИЯ 12. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ. ПОДСЕКЦИЯ 2 – ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ**

температуры при постоянном перемешивании. После достижения маслом заданной температуры в стакан помещался заранее приготовленный спиртовой раствор NaOH, и с этого момента начинался отсчет времени синтеза.

После проведения синтеза реакционная смесь, состоящая из целевого продукта и остатков непрореагировавших компонентов, охлаждалась до комнатной температуры и смешивалась с глицерином, который добавлялся в количестве 25 % от массы растительного масла. После определенного времени отстаивания смеси в делительной воронке наблюдались видимые границы раздела фаз: нижний слой представлял собой непрореагировавшее растительное масло, спиртовой раствор щелочи и глицерин, а верхний слой – смесь целевого продукта и остаточного спирта. Остаток спирта из продуктовой смеси отгонялся с помощью роторного испарителя под вакуумом.

В данной работе проводилось исследование влияния концентрации БиоДТ в смеси с ДТ на низкотемпературные свойства смесового топлива. $T_{п}$ и $T_{з}$ определялись согласно методикам [4] и [2] соответственно. Значение ПТФ определялось согласно методике [5].

Для смесей БиоДТ/ДТ использовался образец прямогонного ДТ, со следующими низкотемпературными характеристиками: $T_{п} = -4$ °С; ПТФ = -5 °С; $T_{з} = -14$ °С. Наиболее жестко регламентируемым параметром, согласно требованиям [3] является ПТФ. Используемый образец ДТ соответствует требованиям для марки Л (летнее) (ПТФ не выше -5 °С).

Результаты исследования низкотемпературных свойств смесей ПБиоДТ/ДТ представлены в таблице 1, где маркировкой В5, В10, В15 и В20 обозначены смеси БиоДТ/ДТ (число после буквы обозначает содержание БиоДТ в смеси в % об.). В таблице 2 представлены результаты определения низкотемпературных свойств смесей ГБиоДТ/ДТ.

Из данных, представленных в таблицах 1 и 2 можно видеть, что использование БиоДТ в качестве смесового компонента к ДТ:

- негативно сказывается на $T_{з}$ смесей, при этом с увеличением концентрации БиоДТ в смеси негативный эффект усиливается;
- не оказывает влияния на $T_{п}$ смесей, оказываемый эффект не зависит от концентрации БиоДТ в смеси;
- положительно сказывается на ПТФ смесей, при этом с увеличением концентрации БиоДТ в смеси положительный эффект усиливается.

Также можно видеть, что низкотемпературные свойства ГБиоДТ лучше, чем у ПБиоДТ. Добавление ПБиоДТ повышает $T_{з}$ смесей на 0-2 °С, в то время как добавление ГБиоДТ – на 1-2 °С. ПТФ смесей в обоих случаях снижается на 2-6 °С, но если при добавлении ПБиоДТ значительное снижение происходит только при большом содержании ПБиоДТ в смеси (при 20 % об.), то в случае в ГБиоДТ добавление уже 10 % об. приводит к снижению ПТФ на 6 °С. Стоит также отметить, что все смеси соответствуют требованиям [3] по ПТФ для марки Л.

Наблюдаемые эффекты добавления БиоДТ на низкотемпературные свойства смесей находят объяснение в желеобразной структуре, которую приобретает БиоДТ при пониженных температурах. Данная структура не забивает стандартный фильтрующий элемент (положительный эффект на ПТФ), но снижает подвижность топлива (негативный эффект на $T_{з}$).

Таким образом, анализ низкотемпературных свойств смесей БиоДТ/ДТ показал, что наилучшей добавкой к ДТ является ГБиоДТ, так как при его добавлении обеспечиваются наилучшие низкотемпературные характеристики топлива.

Таблица 1

Низкотемпературные свойства смесей ПБиоДТ/ДТ

Образец	$T_{п}$	ПТФ	$T_{з}$	$\Delta T_{п}$	Δ ПТФ	$\Delta T_{з}$
	°С					
ДТ	-4	-5	-14	–	–	–
ПБиоДТ	-5	-6	-8	–	–	–
В5	-4	-7	-14	0	2	0
В10	-4	-7	-13,5	0	2	-0,5
В15	-4	-7	-12	0	2	-2
В20	-4	-11	-12	0	6	-2

Таблица 2

Низкотемпературные свойства смесей ГБиоДТ/ДТ

Образец	$T_{п}$	ПТФ	$T_{з}$	$\Delta T_{п}$	Δ ПТФ	$\Delta T_{з}$
	°С					
ДТ	-4	-5	-14	–	–	–
ГБиоДТ	-8	-14	-14	–	–	–
В5	-4	-7	-13	0	2	-1
В10	-4	-11	-13	0	6	-1
В15	-4	-11	-12	0	6	-2
В20	-4	-11	-12	0	6	-2

Литература

1. Белозерцева Н.Е., Богданов И.А., Алтынов А.А., Бальжанова А.Т., Белинская Н.С., Киргина М.В. Выбор наиболее предпочтительного сырья для синтеза биодизельного топлива с позиции его выхода и физико-химических свойств // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – Том 10. – № 1. – С. 114-123.
2. ГОСТ 20287-91. Межгосударственный стандарт. Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания. Дата введения 1991-01-01. Введён 01.01.1991. – М.: Стандартинформ, 2006. – 9 с.
3. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. Дата введения 2015-01-01. Введён 01.01.2015. – М.: Стандартинформ, 2016. – 10 с.
4. ГОСТ 5066-2018. Межгосударственный стандарт. Топлива моторные. Методы определения температур помутнения, начала кристаллизации и замерзания. Дата введения 2019-07-01. Введён 07.01.2019. – М.: Стандартинформ, 2019. – 14 с.
5. ГОСТ EN 116-2013 Межгосударственный стандарт. Топлива дизельные и печные бытовые. Метод определения предельной температуры фильтруемости. Дата введения 2015-01-01. Введён 01.01.2015. – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
6. Иовлева Е.Л. Автомобильные эксплуатационные материалы. Учебное пособие – М.: Мир науки, 2020. – 83 с.
7. Кучкина А.Ю., Сущик Н.Н. Источники сырья, методы и перспективы получения биодизельного топлива // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2014. – № 1. – С. 14-42.

**РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
НЕФТЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Чайкина Я.И.

Научный руководитель доцент Е.В. Бешагина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ввиду исчерпания легких запасов нефти проблема добычи тяжелых нефтей остается по сей день крайне актуальной, особенно в «старых» нефтедобывающих регионах Российской Федерации, поскольку иные запасы сохранения нынешних уровней добычи почти отсутствуют.

Основными особенностями тяжелых нефтей, которые обуславливают необходимость применения особых способов добычи, их транспортировки и переработки, являются не только повышенная плотность и вязкость, но и их состав [1]. Поскольку для тяжелых нефтей присуще возникновение нефтяных отложений, на формирование которых влияет температура кристаллизации парафина и температурный режим нефтепровода, поэтому данная проблема является особенно важной для низкотемпературных условий Западной Сибири.

В зависимости от условий месторождения существуют методы, которые применяются для борьбы с нефтяными отложениями, они предполагают либо предотвращение образования, либо устранение уже сформировавшихся отложений [2].

При предотвращении образования нефтяных отложений применяются различные методы и технологии переработки. Основными способами, применяющимися в промысловой практике, являются механические, физические термические, химические. Однако существуют и другие, например, комбинированные, сочетающие в себе несколько методов: физико-химические, химико-физические и т. д.

После проведенного анализа литературных источников [2, 3] был сделан вывод о том, что наиболее эффективным методом предотвращения образования нефтяных отложений и снижения температуры застывания нефти является химический метод, а именно применение ингибирующих и депрессорных присадок. Ввиду того, что они приводят к образованию слабозадействующих центров кристаллизации. В действительности это приводит к значительному уменьшению экономических затрат на транспортировку нефти из-за понижения её температуры застывания.

Учитывая вышеизложенное, борьба с нефтяными отложениями при добыче, транспортировке и хранении нефти является одной из важнейших проблем в нефтедобывающей промышленности и остается в центре внимания широкого круга ученых и промысловых работников как в России, так и за рубежом.

Целью работы являлась разработка композиции, обладающей комплексным действием, для повышения эффективности предотвращения накопления нефтяных отложений.

Преимуществом данной присадки является то, что она одновременно выступает в качестве и ингибитора, и депрессора, сочетая в себе их свойства: ингибирующая способность позволяет формировать достаточно прочные ассоциативные комплексы упорядоченной структуры с молекулами парафина, и депрессорная эффективность способствует изменению структуры кристаллов n-алканов, при этом препятствуя их сближению. В результате чего не происходит образование пространственного каркаса и застывание нефти [3].

Для сравнения эффективности полученной присадки были выбраны образцы синтезированных присадок следующих марок: присадка №1 (ДН-1); присадка №2 (Flexoil); присадка №3 (исследуемая нами присадка, разработанная на базе ТПУ); присадка №4 (ТюмНИИ).

Объектом исследования являлась высокопарафинистая нефть Верхне-Салатского месторождения Томской области. В соответствии с ГОСТом Р 51858-2020 данная нефть при 20 °С относится к особо лёгким по плотности нефтям (787,2 кг/м³) с кинематической вязкостью 3,8363 мм²/с и положительной температурой застывания +15 °С; и является высокопарафинистой, с содержанием парафинов 11,6 % масс., смол 2,4 % масс., асфальтенов 0,1 % масс.

Исследования проводили в два этапа. На первом этапе для оценивания ингибирующей способности присадок исследования проводили на установке, в основе которой лежит метод «холодного стержня» [4]. Сущность данного метода заключается в способности парафина кристаллизоваться на холодном стержне за счет разности температур нефти и стержня.