

УДК

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПРЕДЕЛЬНЫХ СПИРТОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Болябанова С.В.

Дмитриева И.Е.

Научный руководитель: Баталина Лейла Султановна, доцент кафедры Химии и технологии природных энергоносителей и углеродных материалов Института нефти и газа СФУ, канд.хим.наук, доцент.

Руководитель: Агапченко Вера Александровна, учитель химии МАОУ лицей №7.

Аннотация работы

Цель работы: экспериментально определить и сравнить влияние различных предельных спиртов на физико-химические характеристики дизельного топлива.

Методы проведенных исследований: эксперимент.

Основные результаты исследовательской работы: на практике оценили качества дизельного топлива при добавлении этилового, изопропилового и бутилового спиртов, определили цетановое число, определили фракционный состав топлива методом перегонки, влияние на температуру застывания и помутнения. Убедились в улучшении некоторых показателей качества дизельного топлива при добавлении добавок к дизельному топливу.

Актуальность: поиск способов улучшения свойств дизельного топлива, а также использование продуктов растительного происхождения в качестве компонентов дизельных топлив представляют собой важнейшую задачу. В литературе имеются данные об одном из путей комплексного подхода к ее решению – введение в состав топлива различных спиртовых добавок [1-4].

Методы проведения: экспериментальное определение цетанового числа дизельного топлива, определение фракционного состава методом перегонки, определение температуры помутнения и застывания дизельного топлива.

Введение

Дизельное топливо после бензина относится к самым массовым продуктам, применяемым на автомобильном транспорте. Это жидкий продукт, использующийся как топливо в дизельном двигателе внутреннего сгорания. Обычно под этим термином понимают топливо, получающееся из керосиново-газойливых фракций прямой перегонки нефти.

Летнее дизельное топливо. Плотность: не более 860 кг/м³. Температура вспышки: 33 °С. Температура застывания: –5 °С. Рост температуры конца выкипания приводит к усиленному закоксуыванию форсунок и дымности.

Зимнее дизельное топливо. Плотность: не более 840 кг/м³. Температура вспышки: 30 °С. Температура застывания: –35 °С. Также зимнее дизельное топливо можно получить из летнего дизельного топлива добавлением депрессорной присадки, которая снижает температуру застывания топлива.

Арктическое дизельное топливо. Плотность: не более 830 кг/м³. Температура вспышки: 25 °С. Температура застывания: –50 °С. Пределы кипения арктического топлива примерно соответствуют пределам выкипания керосиновых фракций, поэтому данное топливо — по сути утяжеленный керосин. Более дорогой способ получения арктического дизельного топлива — депарафинизация летнего дизельного топлива. Депарафинизация — процесс, направленный на удаление нормальных парафиновых углеводородов из керосино-газойлевых и масляных фракций нефти. Так как

нормальные углеводороды обладают высокой температурой застывания, их удаление из фракции снижает температуру застывания.

Как показывает анализ периодической литературы, в будущем сохранятся высокие темпы роста потребности в дизельных топливах. Поэтому вопросы поиска путей и разработки способов увеличения ресурсов дизельного топлива представляют собой актуальную задачу.

Один из способов решения – введение в состав топлива различных спиртовых добавок. Ниже представлены основные свойства спиртов, использованные в нашей работе.

Этанол ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) — одноатомный спирт, второй представитель гомологического ряда одноатомных спиртов. Внешний вид: в обычных условиях представляет собой бесцветную летучую жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом. Этиловый спирт легче воды. Является хорошим растворителем других органических веществ.

Пропанол-2, изопропанол ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$) — простейший вторичный одноатомный спирт алифатического ряда. Бесцветная жидкость с характерным спиртовым запахом, более резковатым по сравнению с этанолом. Растворим в ацетоне, бензоле, с остальными растворителями (вода, органические) смешивается в любых соотношениях. С водой образует азеотропную смесь (87,9 % изопропилового спирта).

Изобутанол, 2-Метил-1-пропанол ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) — представитель одноатомных спиртов. Бесцветная вязковатая жидкость с характерным запахом сивушного масла. Смешивается с органическими растворителями. В отличие от метанола, этанола и пропанола только умеренно растворяется в воде - 7,6 г на 100 г воды. С ней образует азеотроп содержащий 42,5% по массе бутанола и кипящий при 97,7 °С.

В нашем исследовании мы изучали влияние добавок предельных спиртов на такие физико-химические параметры топлива как:

- цетановое число. Определяет высокие мощностные и экономические показатели работы двигателя; цетановое число характеризует способность топлива к воспламенению в камере сгорания и равно объёмному содержанию цетана в смеси с метилнафталином, которое в стандартных условиях имеет одинаковую воспламеняемость по сравнению с исследованным топливом.

- фракционный состав. Определяет полноту сгорания, дымность и токсичность отработавших газов двигателя.

- низкотемпературные свойства, определяющие функционирование системы питания при отрицательных температурах окружающей среды и условия хранения топлива.

- температура вспышки, определяющая условия безопасности применения топлива в дизелях.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

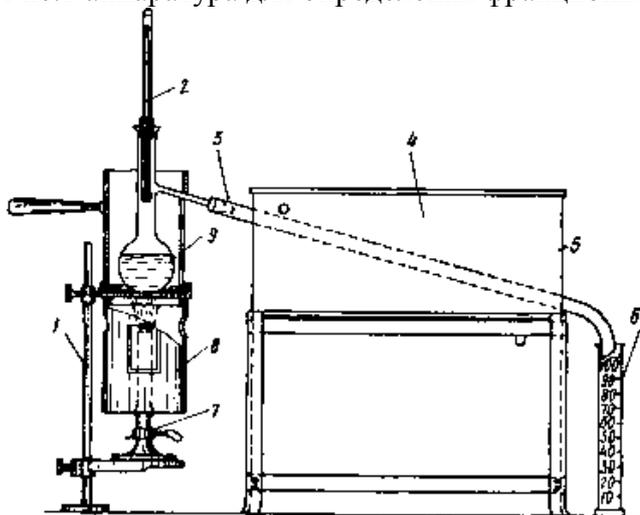
Фракционный состав нефти и нефтепродуктов показывает содержание в них (в объёмных или весовых процентах) различных фракций, выкипающих в определенных температурных пределах. Этот показатель является важнейшим параметром нефтяных смесей и имеет большое практическое значение, т.к. позволяет рассчитать важнейшие эксплуатационные характеристики нефтепродуктов.

Сущность метода заключается в перегонке испытуемого образца при условиях, соответствующих природе продукта, и проведении постоянных наблюдений за показаниями термометра и объемами конденсата.

Схематично эксперимент проводится следующим образом:

- вводят пробу для анализа в перегонную колбу, снабженную пароотводной трубкой и закрытую пробкой с термометром;
- соединяют пароотводную трубку и трубку конденсатора, объединенные с действующей системой охлаждения, снабженной выходным отверстием, ниже которого расположена градуированная пробирка-приемник;
- нагревают колбу в условиях, обеспечивающих постепенное выкипание образца и сбор образовавшихся паров после их конденсации в пробирке-приемнике; падение первой капли топлива из трубки холодильника в мерный цилиндр принимают за температуру начала перегонки топлива;
- по мере перегонки отмечают по термометру температуру, при которой в мерном цилиндре собирается определенный процент отгона топлива (50; 90; 98%) или же процент отгона топлива, соответствующий определенным температурам (290; 340; 370°C).
- строится кривая зависимости соответствующей объемной процентной доли собранной пробы, как функция температуры, и контролируется изменение закономерности этой кривой, которая характеризует анализируемую пробу.

Рис.1 аппарата для определения фракционного состава дизельного топлива



1 — штатив; 2 — термометр; 3 — масляная трубка; 4 — холодильник; 5 — кожух; 6 — мерный цилиндр; 7 — горелка; 8 — защитный кожух; 9 — колба

Таб. 1 Результаты эксперимента по определению фракционного состава дизельного топлива

	50% перегоняется, C ⁰	90% перегоняется, C ⁰
Без добавления спиртов	245	308
С этанолом 1%	236	300
С изопропанолом 1%	246	318
С изобутанолом 1%	247	322

Вывод: температура перегонки 50 и 90% топлива заметно уменьшается при использовании в качестве добавки этилового спирта. Полученные данные указывают на улучшение пусковых свойств топлива и работы двигателя.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕТАНОВОГО ЧИСЛА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Рис.2 Установка Waukesha CFR F-5 ASTM D 613, EN 5165, ISO 5165



Этот аппарат служит для определения цетанового числа дизельного топлива в соответствии со стандартной методикой. Данный метод применяется для исследования характеристик воспламеняемости дизельного топлива и различных топливных присадок. Установка F-5 позволяет также проводить исследования таких нетрадиционных видов топлива, как синтетические и растительные масла.

Для определения цетанового числа мы провели по результатам отсчетов по микрометру маховичка механизма изменения в соответствии с уравнением:

$$CN5 = CNLRF + (HWS - HWLRF / HWHRF - HWLRF) * (CNHRF - CNLRF),$$

Где CN5 – цетановое число образца; CNLRF – цетановое число низкоцетанового эталонного топлива; CNHRF – цетановое число высокоцетанового топлива; HWS – показание на маховичке для образца; HWLRF – показание на маховичке для высокоцетанового эталонного топлива; HWHRF – показание на маховичке для высокоцетанового эталонного топлива.

Данное сравнение проводится по отсчетам, полученным на маховичке, для образца и двух используемых эталонных топлив с цетановыми числами большим и меньшим, чем у образца (процедура "взятия в вилку"), путем изменения степени сжатия для получения требуемого угла задержки воспламенения.

Таб. 2 Результаты эксперимента по определению цетанового числа дизельного топлива

Показатель	Среднее значение	С добавлением этанола 1%	С добавлением изопропанола 1%	С добавлением изобутанола 1%
Цетановое число	44,5	47,2	47	48

Как видно из представленных экспериментальных данных, при концентрации этилового спирта равной 1 % масс, показатели цетанового числа увеличиваются, а температура перегонки 50 и 90 % объема фракций уменьшаются, тем самым улучшая физико-химические показатели дизельного топлива.

Как видно из представленных экспериментальных данных, цетановое число достигает наибольшего значения при добавлении изобутанола, что обеспечивает большую скорость зажигания и улучшение работы двигателя.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАСТЫВАНИЯ И ПОМУТНЕНИЯ

Основные нарушения в системе подачи топлива при низких температурах связаны с температурой помутнения и застывания топлива. В отличие от бензинов в дизельных топливах может находиться довольно много углеводородов с высокой температурой плавления, в первую очередь парафиновых (алкановых) углеводородов.

При понижении температуры наиболее высокоплавкие углеводороды выпадают из топлива в виде кристаллов различной формы, топливо мутнеет.

Для обеспечения бесперебойной подачи топлива необходимо, чтобы температура помутнения топлива была ниже температуры воздуха, при которой эксплуатируется машина.

Температурой застывания считается температура, при которой налитое в пробирку дизельное топливо при охлаждении в определенных условиях не изменяет положения мениска в течение 1 мин при наклоне пробирки под углом 45° от вертикали (ГОСТ 20287-91).

Исследование проводилось при помощи анализатора определения температуры помутнения и текучести ISL CPP 5Gs (рис. 3), который имеет встроенную систему охлаждения, позволяет обеспечить уникальное охлаждение испытательной ячейки ниже -105°C без использования каких-либо внешних подключений, кроме электропитания. Представляет собой полностью автоматическую систему и состоит из: детекторной головки температуры застывания, тестовой емкости температуры застывания, пробковых колец/ дисков, детекторной головки температуры помутнения, тестовой емкости температуры помутнения, детекторной головки температуры помутнения с металлическим датчиком.

Рис. 3 Анализатор определения температуры помутнения и текучести ISL CPP 5Gs



Таб. 3 Результаты эксперимента по определению температуры помутнения и застывания дизельного топлива.

	Помутнение	Застывание
Без добавления спиртов	-5	-10
С этанолом 1%	-5	-13
С изопропанолом 1%	-6	-11
С изобутанолом 1%	-7	-12

Вывод: На основе проведенного эксперимента установили:

- 1) С увеличением молярной массы спирта температура помутнения топлива понижается.
- 2) Большой устойчивости к застыванию удалось достичь при добавлении в топливо этанола.
- 3) Наиболее эффективной добавкой при содержании 1% к топливу уменьшающих температуру застывания является изобутанол.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ В ЗАКРЫТОМ ТИГЛЕ

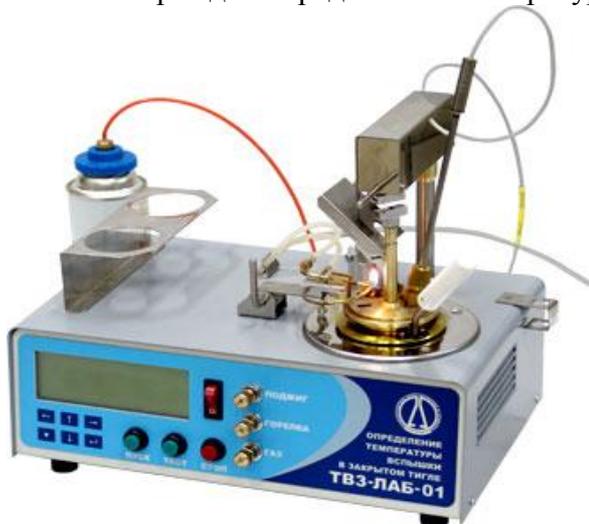
Температура вспышки - такая температура, при которой пары нефтепродукта, нагреваемого в строго определенных условиях, вспыхивают при поднесении пламени. Для температуры вспышки характерно то, что пламя сейчас же гаснет. Если повышать температуру жидкости далее, то при определенной температуре при поднесении огня пары загорятся вновь и уже не будут гаснуть. Эта температура называется температурой возгорания (воспламенения) нефтепродуктов. Температура возгорания всегда выше температуры вспышки.

Как показатель качества температура вспышки характеризует степень чистоты топлива, позволяет оценить наличие в нем потенциально опасных легколетучих примесей и выявить фальсификаты. А также позволяет определить допустимую температуру нагревания горючего вещества при различных условиях хранения и перевозки.

Большее применение находит метод закрытого тигля, поскольку, в отличие от метода открытого тигля, дает более точные и надежные результаты и, при этом, менее чувствителен к лабораторным условиям.

Сущность метода заключается в определении самой низкой температуры горючего вещества, при которой в условиях испытания над его поверхностью образуется смесь паров и газов с воздухом, способная вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточно высока для последующего горения. Для этого испытуемый продукт нагревается в закрытом тигле с постоянной скоростью при непрерывном перемешивании и испытывается на вспышку через определенные интервалы температур. Источник воспламенения прикладывают через отверстие в крышке испытательного тигля через регулярные интервалы температуры с одновременным прекращением перемешивания.

Рис.4 Аппарат для определения температуры вспышки в закрытом тигле.



Таб.4 Результаты эксперимента по определению температуры вспышки в закрытом тигле.

	Температура вспышки
Без добавления спиртов	
С этанолом 1%	
С изопропанолом 1%	
С изобутанолом 1%	

Выводы

1. Ознакомились с экспериментальными методиками определения фракционного состава, цетанового числа, температуры застывания и помутнения дизельного топлива.
2. Определили, как влияет на показатели качества топлива (фракционный состав, цетановое число, температура помутнения и застывания) добавление этилового, изопропилового и изобутилового спиртов.
3. Установили, что при добавлении предельных спиртов показатели качества дизельного топлива несколько улучшаются по сравнению с исходным топливом.

Список литературы

1. Агаев С.Г., Березина З. Н., Халин А.Н. : Нефтепромысловое дело.-1996г.
2. Звонов В. А. Сравнительная оценка различных типов испарителей топлива для питания двигателей. 1998г.
3. Персеянцев М. Н. Добыча нефти в усложнённых условиях. – М.: Недра, 2000. – 653 с.
4. Тронов В.П. Механизм образования смолопарафиновых отложений и борьба с ними.-1969г.
5. Двигатель с искровым зажиганием, работающим на испаренных спиртах. Поршневой и газотурбинный двигатель. Экспресс-информ. ВИНТИ 1983г.
6. Википедия.
7. Журнал прикладной химии -2005г., № 3-5
8. Нефтепереработка и нефтехимия – 2004г.
9. Нефтегазовые технологии.
10. <http://minidist.narod.ru/teor.htm>