

На правах рукописи



ИОВЛЕВА ЕЛИЗАВЕТА ЛОНГИНОВНА

**ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОЗАСТЫВАЮЩИХ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ НА
ПРИМЕРЕ ТАЛАКАНСКОЙ НЕФТИ**

Специальность 05.17.07

«Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Якутск – 2016

Работа выполнена в ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН» и на кафедре «Общая, аналитическая и физическая химия» ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова».

Научный руководитель: Член-корр. РАН, доктор технических наук
Лебедев Михаил Петрович.

Официальные оппоненты: **Тыщенко Владимир Александрович,**
доктор технических наук, генеральный директор ПАО «Средневожский научно-исследовательский институт по нефтепереработке»;

Киташов Юрий Николаевич,
кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», доцент кафедры «Технология переработки нефти».

Ведущая организация: ФГБУН «Институт проблем нефти и газа СО РАН».

Защита диссертации состоится «14» декабря 2016 года в 14-30 на заседании диссертационного совета Д 212.289.03 при ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по адресу: 450062, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» и на сайте www.rusoil.net.

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2016 года.

Ученый секретарь
диссертационного

совета



Абдульминев Ким Гимадиевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Республика Саха (Якутия) характеризуется труднодоступностью и удаленностью населенных пунктов от центров муниципальных районов. По официальным данным, в настоящее время таких пунктов здесь насчитывается 297. Природно-климатические условия на большей части территории Якутии весьма суровые и даже экстремальные.

Основные жизненно важные товары – продовольствие и нефтепродукты до труднодоступных пунктов доставляют по зимникам, так называемым «северным завозом».

Развитие транспортной и энергетической отрасли Республики Саха (Якутия) связано с возрастающим использованием дизельной техники. По статистическим данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РС(Я), потребление дизельного топлива с 2012 до 2015 г. выросло на 2,3 % и в 2015 г. составило 586,1 тыс.т.

В то же время в Якутии остро стоит проблема недостатка топлива и качества привозимого топлива. Кроме этого, 10 – 15 % летнего дизельного топлива остается не освоенным за летний сезон, которое хранится до следующего сезона, не всегда в соответствующих условиях. Эту проблему можно было решить созданием из летнего сорта дизтоплива зимнего сорта путем модифицирования его депрессорными присадками.

Значительной проблемой для Якутии является наличие обширных децентрализованных зон с энергоисточниками, введенными в 60 – 80-х годах прошлого века, локализованными в каждом отдельном населенном пункте. В Республике Саха (Якутия) локальная энергетика представлена почти 200 дизельными электростанциями (ДЭС), для функционирования которых ежегодно завозится более 120 тыс. т. дизельного топлива.

Основной проблемой «северного завоза» наземным путем и надежной эксплуатации дизельных электростанций является качество используемого топлива. Это связано с трудностями запуска дизельных двигателей при низких температурах окружающей среды. Климатические условия республики обуславливают большую потребность в высококачественных низкозастывающих дизельных топливах.

Одним из путей решения этой проблемы является производство низкозастывающих арктических дизельных топлив.

С учетом наличия технологически изолированных районов и децентрализованного энергоснабжения большое значение имеет получение дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными свойствами на базе

летнего сорта введением депрессорных присадок – это одна из актуальных задач в решении проблем эксплуатации дизельной техники в республике.

Перспективным направлением получения низкотемпературных дизельных топлив, является использование местных ресурсов, а именно, их получение из нефти Талаканского месторождения Республики Саха (Якутия).

Работа выполнена в соответствии с «Инвестиционной стратегией Республики Саха (Якутия) на период до 2016 года и основных направлений до 2030 года», принятой Указом Президента Республики Саха (Якутия) № 2864 от 11 сентября 2014 г., и «Стратегией социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года» утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации N 2094-р от 28 декабря 2009 г.

Степень разработанности темы

Существует несколько способов доведения качества дизельных топлив до необходимых требований к зимним сортам [3]. Наиболее распространенный способ – облегчение фракционного состава. При этом ресурсы дизельных топлив сокращаются на 25 % [3]. При гидродепарафинизации ресурсы ДТ сокращаются до 18 % [4]. Использование карбамиднойдепарафинизации и депарафинизации на цеолитах приводит к неселективному извлечению из топлив парафиновых углеводородов, в т.ч. и низкомолекулярных, ответственных за цетановое число [5]. Кроме того, с помощью карбамиднойдепарафинизации не удастся обеспечить необходимые требования по температуре помутнения. Альтернативой всем этим способам является введение в топливо депрессорных присадок (ДП)[6]. Имеется достаточно много исследований в этой области. Однако ранее выполненные работы по получению дизельных топлив с депрессорными присадками посвящены, в основном, изготовлению зимнего топлива на основе летнего. Перспективным направлением получения низкотемпературных дизельных топлив, является это использование местных ресурсов, а именно, его получение из нефти Талаканского месторождения Республики Саха (Якутия).

Целью диссертационной работы является разработка технологии получения дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными свойствами на базе летнего сорта из нефти Талаканского месторождения с добавлением депрессорной присадки.

Для достижения этой цели поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить проблемы повышения качества дизельного топлива способом модифицирования химическими добавками.
2. Исследовать физико-химические свойства нефтей Талаканского месторождения и полученных нефтепродуктов при атмосферной переработке для производства дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными свойствами.

3. Разработать рекомендации по оптимальному составу дизельного топлива с депрессорными присадками полученного на базе летнего сорта товарного топлива и нефтепродуктов из нефти Талаканского месторождения.

Научная новизна работы

1. Впервые показана зависимость приемистости депрессорных присадок от молекулярно-массового распределения н-парафиновых углеводородов нефти Талаканского месторождения, получены регрессионные коэффициенты оптимального состава депрессорной присадки для дизельного топлива из якутской нефти.

2. Впервые описан способ получения арктического дизельного топлива с предельной температурой фильтрации – 39°C, включающий первичную перегонку нефти с выделением керосиновой фракции и легкого атмосферного газойля с их последующим компаундированием и введением депрессорной присадки Difron 315 в концентрации 0,53 - 0,56 % масс. в органическом растворителе.

3. Впервые из Талаканской нефти получено низкозастывающее дизельное топливо. Научно обоснован новый состав арктического дизельного топлива из нефти Талаканского месторождения, которая имеет температуру застывания -53 °С и предельную температуру фильтрации -39°C при введении в фракцию 0,55 % масс. депрессорной присадки Difron 315.

Практическая значимость работы

- Разработана рекомендация по оптимальному составу дизельного арктического топлива с депрессорными присадками.
- Проведен анализ существующих дизельных топлив на рынке г. Якутска.
- Предложена схема по переработке Талаканской нефти для строящегося нефтеперерабатывающего завода в г. Алдане.
- Разработан состав дизельного топлива с депрессорными присадками, полученного на базе летнего сорта товарного топлива и нефтепродуктов из нефти Талаканского месторождения.
- Приведено экономическое обоснование эффективности выбора депрессорной присадки.

Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались на: VII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» (Казань, КГЭУ, 2011 г.); IV Международной заочной научно-практической конференции «Теоретические и практические аспекты развития современной науки» (Новосибирск, НГТУ, 2012г); Международном симпозиуме «Новые материалы и технологии в условиях Арктики» (Якутск, СВФУ, 2014 г.); 90-й

Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров «Автомобиль для Сибири и Крайнего Севера. Конструкция. Эксплуатация. Экономика» (Иркутск, ИрНИТУ, 2015 г.).

Положения, выносимые на защиту

1. Результаты экспериментальных исследований низкозастывающих дизельных топлив полученных из нефти Талаканского месторождения.
2. Разработанная рецептура арктического сорта дизельного топлива с депрессорными присадками, влияющий на работоспособность дизельной техники.
3. Регрессионная математическая модель, характеризующая влияние депрессорной присадки на температуру застывания и предельную температуру фильтрации.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 8 работ в научных журналах и сборниках тезисов докладов конференций, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК министерства образования и науки РФ, получен 1 патент РФ на изобретение.

Личный вклад

Все представленные в диссертации результаты расчетов и экспериментов получены при участии автора. Соискатель принимал непосредственное участие в постановке задач, планировании экспериментов и проведении расчетов. Обработка полученных результатов расчетов, их анализ и подготовка к публикации в статьях и конференциях проводились совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был определяющим.

Разработка нового состава арктического дизельного топлива проводилась совместно с соавторами патента.

Объем и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, содержит 116 страниц машинописного текста, в том числе 28 таблиц, 11 рисунков библиографический список использованной литературы из 126 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и основные задачи работы, определены пути их решения, приведена информация о научной новизне и практической ценности работы, определен личный вклад соискателя в полученные результаты.

Первая глава посвящена обзору отечественных и зарубежных источников по теме диссертации. Показано, влияние природно-климатических условий на

эксплуатационные характеристики дизельного топлива. Проанализированы способы получения низкотемпературных дизельных топлив и выбран наиболее распространенный и экономически целесообразный способ их получения.

Согласно информации из многочисленных научных источников, летнее дизельное топливо можно использовать, как арктическое, предварительно добавив депрессорные присадки. Перспективным направлением получения низкотемпературных дизельных топлив, является – использование местных ресурсов, а именно, их получение из нефти Талаканского месторождения Республики Саха (Якутия).

Во второй главе рассмотрены объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись нефть Талаканского месторождения и дизельная фракция (н.к.180°C, к.к. 280°C). В таблице 1 представлены физико-химические характеристики и углеводородный состав Талаканской нефти.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики и углеводородный состав Талаканской нефти

Показатели	Значения
1	2
Плотность при 20 °С, кг\м ³	844,1
Кинем-ая вязкость при 20°С мм ² \сек	17,68
Содержание парафина, % на нефть	0,65
Содержание серы, % на нефть	0,53
Фракционный состав, % об: °С	
Выход фракций:	60
До 200 °С	20,0
200-350 °С	25,0
350-500 °С	29,0
Остаток 500°С	26,0
Компонентный состав, % масс.:	
Масла	84,6
Бензольные смолы	8,8
Спирто-бензольные смолы	4,8
Σсмол	13,6
Асфальтены	1,8

Также рассмотрены присадки для модифицирования низкотемпературных свойств дизельного топлива: депрессорные присадки Difron 315, Keroflux 6100 и диспергатор парафинов Keroflux 3614.

В третьей главе исследован компонентный состав дизельной фракции, выделенной из нефти Талаканского месторождения, определен углеводородный состав фракции.

Как видно из рисунка 1, дизельная фракция – это смесь алканов слабоветвленного строения. Пики ароматических углеводородов приходятся на: алкилбензолных (6,947 – 6,860), алкилнафталиновых (7,548 – 7,213); ненасыщенные углеводороды - на группы СН₃ (0,879), группы СН₂ (1,704 – 1,267), ксилолы (2,734 – 2,245).

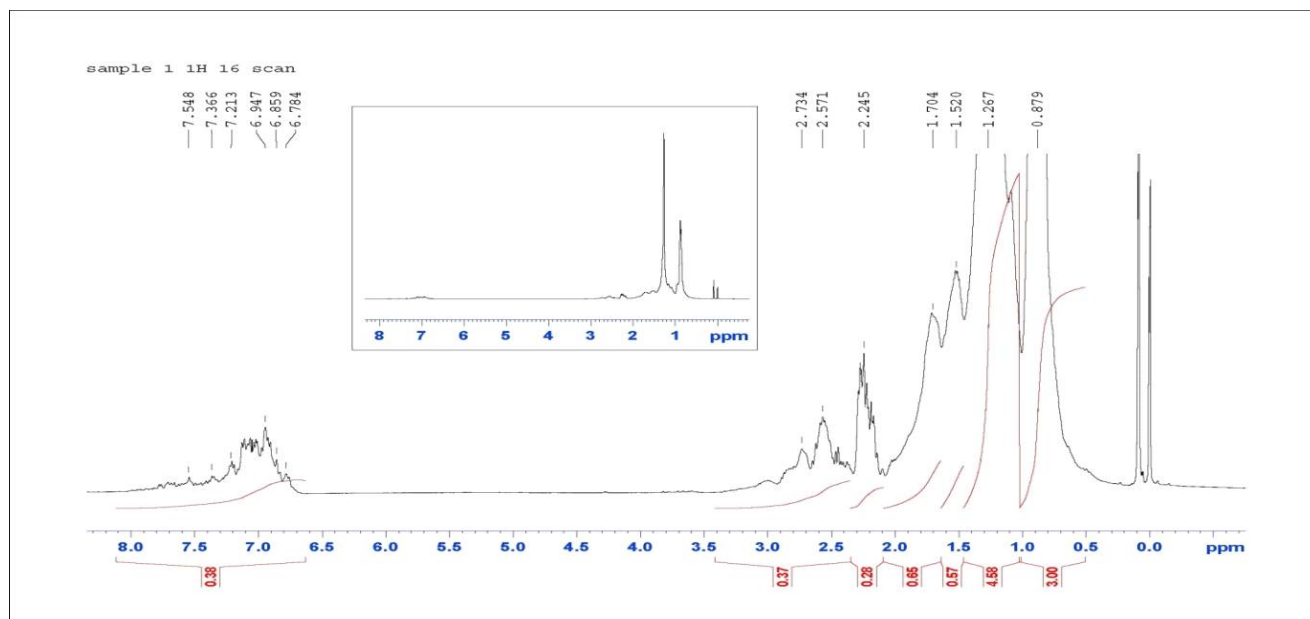


Рисунок 1 – Протонный спектр дизельной фракции выделенной, из нефти Талаканского месторождения

Относительно высококипящие фракции являются ценным компонентом для компаундирования зимних и арктических сортов дизельных фракций, поскольку н-алкановый состав положительно влияет на повышение цетанового числа.

Благодаря своему н-алкановому составу и низкому содержанию ароматических углеводородов (таблица 2), фракция обладает высоким цетановым числом и ее можно использовать в качестве летнего моторного топлива в прямом виде.

Таблица 2 – Групповой углеводородный состав

Групповой состав УВ	С, об.%
1	2
Сумма насыщенных УВ	94,21
Н-алканов	67,36
Изоалканов (2-3 метил)	8,54
Изопреноидов	16,48
Циклоалканов	1,83
Сумма ароматических УВ	4,46

Продолжение таблицы 2

1	2
Алкилбензолов	1,60
Алкилнафталинов	2,86
Расчетное цетановое число	56-60

Эксплуатационные характеристики выделенной нами дизельной фракции показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Эксплуатационные характеристики дизельного топлива полученного из Талаканской нефти

Наименование показателей	Полученные значения
1	2
Цетановое число	56-60
Фракционный состав: 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	240
96 % перегоняется при температуре (конец перегонки), °С, не выше	340
Кинематическая вязкость, мм ² /с (сСт)	2,798
Массовая доля серы, %, не более, в топливе: Вида I	0,2
Испытание на медной пластинке	Выдерживает
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ² топлива, не более	24,7
Коксуемость, 10 %-ного остатка, %, не более	0,3
Содержание механических примесей	Отсутствует
Содержание воды	Отсутствует
Плотность кг/м ³ , не более	816
Температура помутнения, °С	-15
Температура застывания, °С	-28
Предельная температура фильтруемости, °С	-17
Кислотность, мг КОН на 100 см ³	1,94
Йодное число, г йода на 100 г топлива	1,12
Температура вспышки	30

У полученной дизельной фракции температура застывания равна – 28 С, предельная температура фильтрации – 17 С. У фракции достаточно хороший показатель цетанового числа (56 – 60 ед.). Исследование показало, что топливо является «малосернистым», обладает умеренной плотностью и вязкостью. В целом все эти данные свидетельствуют, о том, что полученная нами дизельная фракция относится к летнему сорту топлива по ГОСТ 305-82.

У полученного летнего образца дизельного топлива имеется много преимуществ в эксплуатации по сравнению с зимними сортами топлив. Это характеризуется углеводородным и фракционным составом выделенного топлива. Оно наиболее лучше подходит для применения его в двигателе, т.к. выделенное дизельное топливо образует меньше нагара, о чем свидетельствует коксуемость. От этого увеличивается мощность двигателя, и не уменьшается ресурс основных дорогих узлов и агрегатов. Но выделенную нами фракцию нельзя использовать в холодное время года, так как при понижении температуры топливо начнет замерзать. При температуре окружающего воздуха – 50 °С оно не сможет пройти через фильтры тонкой очистки, а топливный насос высокого давления выйдет из строя, проталкивая замерзшее горючее по топливопроводу и через распылитель форсунки.

Таким образом, необходимо улучшить низкотемпературные свойства полученного летнего сорта дизельного топлива.

Наряду с выделенной нефтью нами были исследованы арктические дизельные топлива взятые у 4 крупных поставщиков моторных топлив: ОАО «Якутская топливно-энергетическая компания» (топливо 1), ОАО «Саханефтегазсбыт» (топливо 2), ОАО «Туймаада-нефть», (топливо 3), ООО «СибОйл» (топливо 4)

В таблице 4 представлены физико-химические характеристики исследуемых топлив.

Таблица 4 – Эксплуатационные свойства арктических дизельных топлив

Наименование	Полученные значения			
	1	2	3	4
1	2			
Фракционный состав: 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	189	250	220	200
96 % перегоняется при температуре (конец перегонки), °С, не выше	290	330	310	290
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с (сСт)	1,7	2,5	2,1	1,9
Массовая доля серы, %, не более, в топливе: Вида I	0,051	0,2	0,2	0,5
Испытания на медной пластинке	Выдерживает			

Продолжение таблицы 3

Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствует			
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ² топлива, не более	2,0	2,0	2,0	2,0
Зольность, %, не более 0,1	Отсутствует			
Коксуемость, 10 %-ного остатка, %, не более	0,2	0,1	0,3	0,2
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3	3
Содержание механических примесей	Отсутствует			
Содержание воды	Отсутствует			
Плотность при 20 °С, кг\м ³ , не более	810	825	817	810
Температура застывания, °С	-50	-52	-43	-47

Из таблицы видны заметные различия в физико-химических показателях топлив. Так по содержанию серы имеются различия. Образец 4 в паспорте качества представлен как топливо I вида, хотя по концентрации он относится к топливу II вида. Остальные образцы относятся к I виду, но есть существенные различия в содержании серы, так первый образец обладает наименьшим ее количеством.

Верхний предел выкипания для большинства рассмотренных топлив находится в районе 330 °С, что соответствует стандарту.

Все топлива отличаются «облегченным» составом, о чем свидетельствуют данные фракционной разгонки.

Образец 2 обладает наилучшими низкотемпературными свойствами. У остальных топлив температура застывания лежит в интервале от – 47 до – 50 °С. Это свидетельствует о том, что не все арктические дизельные топлива по низкотемпературным свойствам соответствуют требованиям стандарта. Все образцы являются привозными. При неправильной транспортировке и условия хранения у топлива ухудшаются показатели качества.

Четвертая глава посвящена модифицированию низкотемпературных свойств дизельного топлива депрессорными присадками.

В качестве депрессоров были испытаны 2 присадки: Keroflux ES 6100 и Difron 315.

С учетом природно-климатических условий эксплуатации техники на Севере основными показателями для низкотемпературного дизельного топлива из Талаканской нефти были выбраны:

- предельная температура фильтрации (ПТФ)
- температура застывания.

Оптимальная температура введения присадки примерно на 10°C выше температуры помутнения.

Первоначально подбиралась оптимальная концентрация депрессора добавляемая в дизельное топливо исходя из последующего определения его низкотемпературных свойств.

В работе были приготовлены и испытаны 12 образцов дизельных топлив, содержащие присадку Keroflux ES 6100 в концентрациях: 0,10, 0,20, 0,30, 0,50 % масс.

и присадку Difron 315 в концентрациях: 0,10, 0,20, 0,40, 0,45, 0,5, 0,55, 0,6, 0,7 % масс.

На рисунках 2 и 3 показано влияние данных присадок на низкотемпературные свойства дизельных топлив.

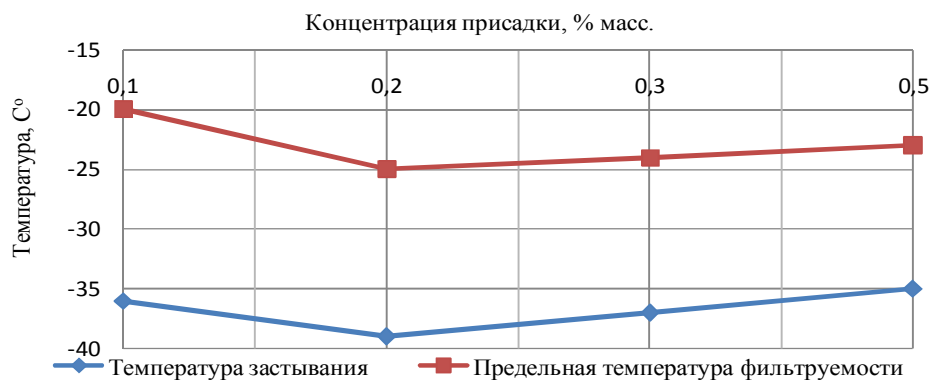


Рисунок 2 – Зависимость температуры застывания и предельной температуры фильтрации от концентрации депрессорной присадки Keroflux 6100

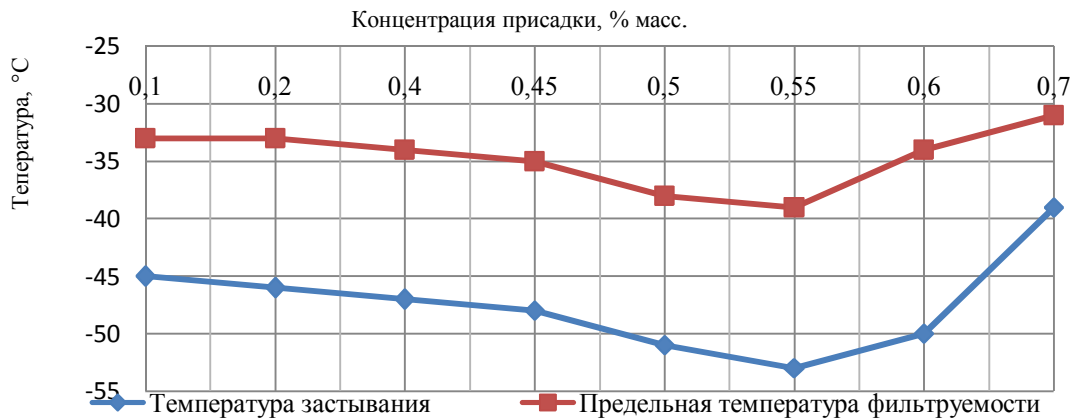


Рисунок 3 – Зависимость температуры застывания и ПТФ от концентрации депрессорной присадки Difron 315

Из приведённых данных видно, что характер поведения депрессорных присадок не схожий. При концентрациях 0,1, 0,2, 0,3 и 0,5 % масс. у топлива, содержащего названные присадки, наблюдается улучшение низкотемпературных показателей, но с увеличением концентрации присадки Keroflux 6100 низкотемпературные показатели ухудшаются. Депрессорная присадка Difron 315 достаточно хорошо улучшает низкотемпературные показатели при указанных выше концентрациях, но при концентрации свыше 0,55 % масс. температура застывания и ПТФ увеличивается. Следует отметить, что обе присадки довольно эффективно снижают температуру застывания и ПТФ. Для присадки Keroflux 6100 максимальное снижение температуры застывания (от -28°C до -39°C) и предельной температуры ПТФ (от -17°C до -25°C) достигается при концентрации присадки в 0,2 % масс. Максимальное снижение температуры застывания для дизельной фракции (от -28°C до -53°C) и ПТФ (от -17°C до -39°C) исследуемых образцов дизельной фракции достигается при введении в фракцию 0,55 % масс. присадки Difron 315.

Активным веществом в обоих используемых присадках является сополимер винилацетата с алкилметакрилатом, но его содержание и растворители, для товарных дизельных топлив различны. Возможно, это различие в поведении двух присадок в топливе, полученного из нефти Талаканского месторождения, может быть объяснено концентрацией в товарной форме (содержание активного вещества в присадке Keroflux 6100 – 60 – 75%, в присадке Difron 315 – 70 – 85 %). Также поведение присадок зависит от взаимного молекулярно-массового распределения мономерных звеньев молекуле полимера (соотношение этиленовых и винилацетатных звеньев). Немаловажную роль играет и растворитель, который влияет на структурно-объемное состояние молекулы полимера: «клубок» или «нить».

Одной из важных характеристик низкотемпературных свойств топлив является седиментационная устойчивость при холодном хранении. Этот параметр определяет устойчивость топлив к расслоению при длительном воздействии низких температур.

Для улучшения данной характеристики в топливо вводят дополнительно диспергирующие присадки.

В качестве диспергатора была испытана присадка Keroflux 3614, которая широко применяется и является одним из самых эффективных диспергаторов для дизельных топлив. Однако ее эффективность совместно с депрессорными присадками на дизельное топливо, полученного из нефти Талаканского месторождения, не изучена.

Концентрация депрессорной присадки Keroflux 6100 составляла 0,2 % масс., а Difron 315 – 0,55% масс. Диспергатора в обоих случаях брали 0,1 % масс. Как правило, депрессора должно быть больше, чем диспергатора. Диспергатор в свою очередь подбирается после того, как подобран депрессор, обеспечивающий значения по ПТФ и температуры застывания.

В работе была испытана седиментационная устойчивость 2 композиций, представленных в таблице 5.

Таблица 5 – Состав композиций депрессорные присадки и диспергатор парафинов

	Композиция № 1	Композиция № 2
Депрессорная присадка	Keroflux 6100	Difron 315
Концентрация присадки	0,20 % масс.	0,55 % масс.
Диспергатор	Keroflux 3614	Keroflux 3614
Концентрация диспергатора	0,1 % масс.	0,1 масс.

Далее в таблице 6 приведены результаты испытаний топлив на седиментационную устойчивость в присутствии названных композиций. Результаты испытаний показали следующее: в присутствии испытуемых композиций во всех образцах наблюдается расслоение, т.е. визуально фиксируется оседание парафиновых частичек. Можно сделать вывод, что стабилизация дисперсии парафинов в дизельном топливе связана с уменьшением поверхностной энергии кристаллов (поверхностного натяжения на границе кристалл – жидкая фаза). Хотя и происходит расслоение дизельного топлива, но под действием диспергатора образуются очень мелкие кристаллы парафинов, которые не объединяются в крупные частицы в течение длительного времени.

Таблица 6 – Результаты испытаний на седиментационную устойчивость

Композиция	До отстоя		Нижний 20% слой после отстоя	
	Т пом, °С	ПТФ, °С	Т пом, °С	ПТФ, °С
1	-15	-24	-13	-22
2	-15	-31	-13	-29

Как видно из приведенных данных, разница в предельной температуре фильтрации нижнего слоя для композиции 1 составила 2°C, а для композиции 2 - 3°C. По температуре помутнения разница у обеих композиций составила 2 °C.

Проведенные исследования использования диспергатора и депрессора фирм BASF SE и Difron позволили дизельному топливу, полученному из нефти Талаканского месторождения выдержать 16-часовой тест на холодное хранение, в результате чего получилась относительно однородная дисперсия кристаллов парафинов по всему объему и топливо с данной дозировкой удовлетворяет требованиям как по ПТФ, так и по Т пом.

Разработка новых зимних и арктических дизельных топлив требует установки технических требований к их качеству. Основными показателями качества низкозастывающих дизельных топлив являются низкотемпературные свойства, оцениваемые температурами помутнения, застывания а также предельной температурой фильтрации.

Технические условия нормируют все основные показатели качества дизельного топлива: цетановое число, фракционный состав, вязкость, массовую долю серы, содержание механических примесей и воды, кислотность.

В таблице 7 приведены разработанные нами требования на арктическое дизельное топливо ДАп-53/-39 (в числителе указана температура застывания, в знаменателе – предельная температура фильтрации). Технические условия были согласованы со всеми заинтересованными организациями.

Таблица 7 – Требования на новый вид низкозастывающих дизельных топлив с депрессорными присадками (опытный образец)

Показатели	ДАп-53/-39
1	2
Фракционный состав: 50 % перегоняется при температуре, °C, не выше	240
96 % перегоняется при температуре (конец перегонки), °C, не выше	340
Кинематическая вязкость, мм ² /с (сСт)	2,5-3,5
Массовая доля серы в топливе, %, не более:	0,2
Испытания на медной пластинке	Выдерживает
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствует
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ² топлива, не более	24...25

Продолжение таблицы 7

1	2
Коксуемость, 10 %-ного остатка, %, не более	0,3
Содержание механических примесей	Отсутствует
Содержание воды	Отсутствует
Температура вспышки, °С	30
Плотность кг/м ³ , не более	816
Температура застывания, °С, не выше	-53
Предельная температура фильтрации, °С	-39
Кислотность, мг КОН на 100 см ³	2,0
Йодное число, г йода на 100 г топлива	1,5

Получить базовое топливо с заданной температурой застывания можно непосредственно на установках прямой перегонки нефти. В таблице 8 приведены основные показатели качества базового компонента дизельного топлива ДАп-53/-39

Таблица 8 – Физико-химические показатели качества базового компонента дизельного топлива ДАп-53\ -39

Наименование показателей	Компоненты	
	Керосиновый дистиллят 180-220 °С	Легкий атмосферный газойль 220-280 °С
Плотность кг/м ³ , не более	815	817
Кинематическая вязкость, мм ² /с (сСт)	2,798	2,699
Температура застывания, °С, не выше	-25	-27
Предельная температура фильтрации, °С,	-15	-18
Температура вспышки, °С, не выше	28	30
Фракционный состав °С:		
НК		
50 %	234	245
96 %	330	347

Продолжение таблицы 8

1	2
Групповой состав УВ, С, % об.	
Сумма насыщенных УВ	94,21
Н-алканов	67,36
Изоалканов (2-3 метил)	8,54
Изопреноидов	16,48
Циклоалканов	1,83
Сумма ароматических УВ	4,46
Алкилбензолов	1,60
Алкилнафталинов	2,86

Как видно из таблицы, прямогонные фракции имеют довольно низкие значения температур застывания и фильтрации. Соотношение керосинового дистиллята и керосиновой фракции (интервалы от 180 °С до 280 °С) подбиралось таким образом, чтобы получить летнее дизельное топливо с низкой температурой вспышки, что предполагает высокую пожаробезопасность.

Таким образом, в создание нового вида арктического дизельного топлива ДАп-53/-39 вовлекаются фракции легкого газойля и керосиновой фракции.

В разработке арктического дизельного топлива ДАп-53/-39 использована присадка Difron 315 в концентрации 0,55 % масс. доли.

На установке первичной перегонки из Талаканской нефти получают керосиновую фракцию и легкий атмосферный газойль (легкая дизельная фракция). Полученные фракции смешивают в определенном соотношении и смесь направляется в поточный струйный смеситель. Из емкости (Рисунок 4) Е-1 при помощи дозировочного насоса Н-1 в поточный смеситель подается депрессорная присадка. Благодаря высокой эффективности работы смесителя происходит высокая гомогенизация смеси. Полученная дизельная фракция поступает в резервуар товарной продукции РВС-2. При длительном хранении дизельного топлива происходит расслоение продукта, тем самым ухудшается его качество. Для предотвращения расслоения в технологии предусмотрена схема циркуляции товарного продукта. Продукт из резервуара РВС-2 при помощи существующего насоса откачки Н-2 прокачивается через струйный гидравлический смеситель. Смеситель СГС устанавливают внутри резервуара и подключают к приемно-раздаточному патрубку. Конструкция смесителя СГС и способ его работы способствуют охвату струями всего объема резервуара. Из сопел выходят затопленные гидравлические осесимметричные струи. Происходит непрерывный массообмен между струей и средой, в процессе которого масса струи увеличивается. Начальная турбулентность потока задается конструкцией смесителя, при этом угол распространения струи достигает значений, необходимых обеспечить эффективность струй во всем объеме резервуара.

Использование инновационного струйного гидравлического смесителя для смешения нефтепродуктов обеспечивает интенсивное перемешивание нефтепродуктов в резервуарах и стабильное качество нефтепродуктов при хранении.

Технология позволяет получать из летнего дизельного топлива зимние и арктические сорта добавлением депрессорных присадок.

Товарное летнее дизельное топливо из резервуара РВС-1 насосом Н-3 подается в поточный струйный смеситель. При помощи дозирующего насоса Н-1 из емкости Е-1 в смеситель подается депрессорная присадка. Полученная гомогенная смесь поступает в резервуар товарного дизельного топлива РВС-2. Полученное дизельное топливо дополнительно перемешивается в резервуаре РВС-2 в смесителе, установленном на линии ввода продукта.

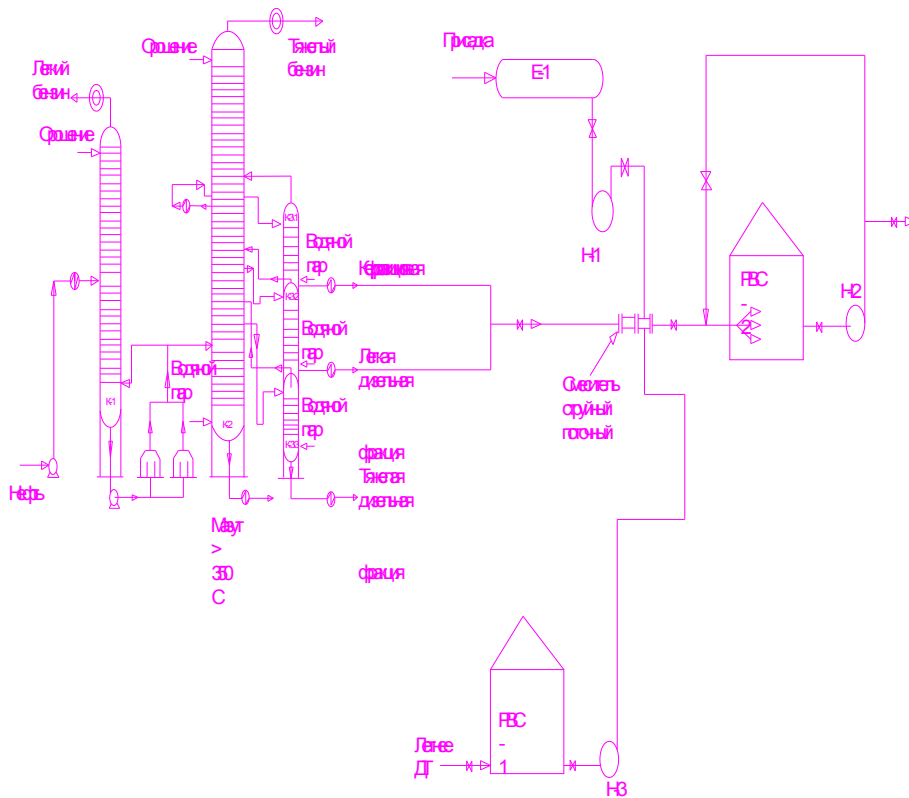


Рисунок 4 - Схема технологии получения низкотемпературного арктического дизельного топлива ДАп-53/-39

Пятая глава посвящена математическому моделированию и экономическому эффекту от использования депрессорных присадок.

В качестве математической модели была выбрана модель расхода топлива Q_m , л/100 км из подсистемы технико-экономических показателей автомобилей, со входными параметрами:

$$Qm = \left(\frac{l}{100\beta} B_{км} + \frac{l*q*\gamma}{100} B_{ткм} \right) \alpha_T + 1,7 * t_{np} \frac{t_3}{t_l+t_3} \quad (1)$$

Где l – расстояние перевозок; β – коэффициент использования пробега; $B_{км}$ – норма расхода топлива на 100 км пробега; л/100км; q – грузоподъемность транспортного средства т.; γ – коэффициент использования грузоподъемности; $B_{ткм}$ – норма расхода топлива на 100 ткм транспортной работы; α_T – коэффициент, учитывающий увеличение амортизационных затрат при работе в условиях Севера; t_{np} – время погрузки и разгрузки, t_3 – число зимних дней в году, t_l – число летних дней в году.

В свою очередь расход топлива влияет на затраты топлива, руб/т.

$$Z_T = \frac{Q_T * C_T * \gamma_T}{1000 * q * \gamma}, \quad (2)$$

Где γ_T – плотность топлива кг/м³; C_T – стоимость дизельного топлива для Якутии.

Для учета концентрации присадки, которые были введены в летний сорт дизельного топлива, был введен поправочный коэффициент δ

$$Z_T = \frac{Q_T * (C_T + \delta) * \gamma_T}{1000 * q * \gamma}, \quad (3)$$

Где δ – поправочный коэффициент, учитывающий оптимальную концентрацию депрессорной присадки в летнем сорте дизельного топлива.

Чтобы найти этот коэффициент, нужно найти показатель, определяющий затраты на приобретение присадки, рассчитанные на 100 литров дизельного топлива, исходя из ее цены и необходимой концентрации:

$$П = C_{пр} \times Ц, \quad (4)$$

где $C_{пр}$ – оптимальная концентрация присадки, выведенная экспериментальным путем, %;

$Ц$ – цена 1 л присадки, руб.

Исходя из $C_{пр}$, можно определить оптимальную концентрацию присадки в литрах (Спр.л.)

Определяем δ :

$$\delta = П \times C_{пр.л.}, \quad (5)$$

где $C_{пр.л.}$ – концентрация присадки в 1 литре дизельного топлива.

Для подтверждения данной гипотезы, были проведены следующие эксперименты.

Для определения оптимальной концентрации присадки в дизельном топливе была составлена математическая модель процесса в виде полинома второго порядка и определены его коэффициенты.

В качестве целевой функции (Y) была выбрана температура застывания дизельного топлива в зависимости от концентрации присадки (x_1) и описывалась следующим уравнением:

$$Y = b_0 + b_1 + b_2 x_1^2, \quad (6)$$

$$\frac{dy}{dx} = b_1 + 2b_2x_1, \quad (7)$$

$$x_1 = -\frac{b_1}{2b_2}, \quad (8)$$

В таблице 9 представлена концентрация присадки Difron 315 от температуры застывания. На рисунке 5 показано полиномиальная кривая температуры застывания от концентрации присадки.

Таблица 9 – Зависимость концентрации присадки Difron 315 от температуры застывания.

Проба	Концентрация присадки, %	Температура застывания, °C
1	0,45	-48
2	0,50	-51
3	0,55	-53
4	0,60	-50
5	0,70	-39

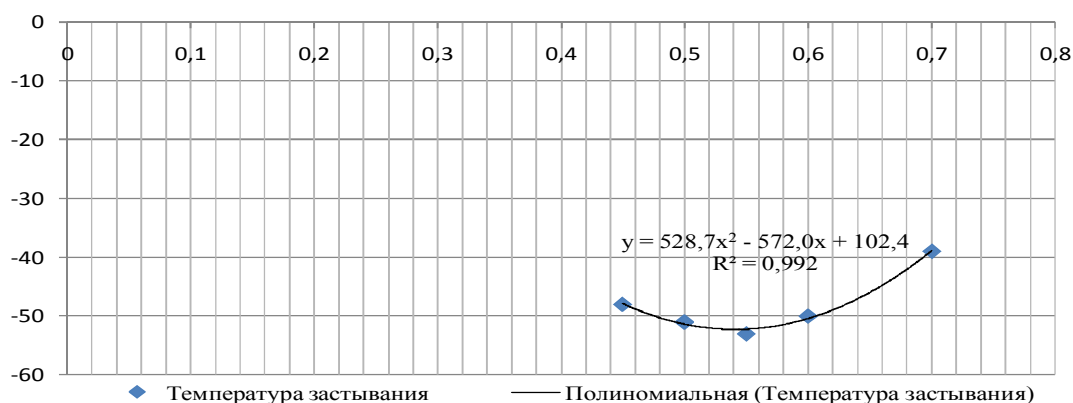


Рисунок 5 – Полиномиальная кривая температуры застывания от концентрации присадки

Из рисунка 5 следует, что целевая функция равна:

$$, \quad (9)$$

$$Y = 528,72x^2 - 572,06x + 102,44R^2 = 0,9921, \quad (10)$$

Следовательно, коэффициенты регрессии будут равны:

$$b_0 = 102,44, \quad (11)$$

$$b_1 = 572,06, \quad (12)$$

$$b_2 = 528,77, \quad (13)$$

$$x_1 = -\frac{572,06}{2 \cdot 528,77} = 0,540935, \quad (14)$$

Параметры оптимизации приведены ниже в таблице 10.

Таблица 10 – Зависимость концентрации Difron 315 от температуры застывания

Проба	Концентрации присадки (экспериментальная), %	Концентрация присадки (расчетная), %	Температура застывания (экспериментальная), %	Температура застывания (расчетная), %
1	0,45	0,449	-48	-47.921
2	0,51	0,509	-51	-51.41
3	0,55	0,540	-53	-52.255
4	0,60	0,599	-50	-50.456
5	0,70	0,699	-39	-38.929

На рисунке 6 показаны полиномиальные кривые температуры застывания от концентрации присадки, которые определены экспериментальным и расчетным путем.

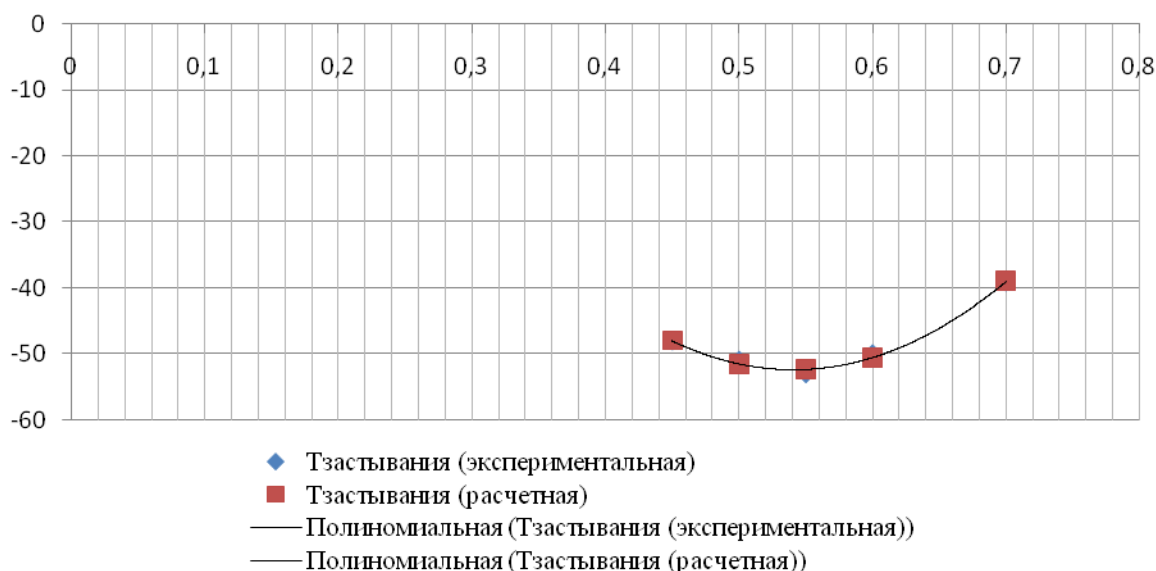


Рисунок 6 – Полиномиальные кривые температуры застывания от концентрации присадки (экспериментальная и расчетная)

Для установления экономической эффективности выведенных концентраций депрессорных присадок определена сравнительная оценка технико-экономических показателей (таблица 11).

Таблица 11 – Техничко-экономические показатели депрессорных присадок к дизельным топливам

Образец	T_3 , °С	ПТФ, °С	Оптимальная концентрация, % в 1 л ДТ	Цена 1л, руб. ($C_{пр}$)	Показатель определяющий затраты на присадки (П)
Keroflux 6100	-39	-25	0,2	от 280	56
Difron 3319	-36	-31	0,1	330	33
Difron315	-53	-39	0,55	400	220

Исходя из данных таблицы 9 и формулы 5, можно высчитать δ .

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Производство дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными свойствами в Республике Саха (Якутия) позволяет решить проблему северного завоза автомобильным транспортом по зимним дорогам в отдаленные районы республики. Кроме того, используя местные ресурсы, как Талаканская нефть, РС(Я) возможно экономить больше средств за счет существенного снижения объемов поставляемого из других регионов топлива.
2. Из проанализированных способов получения низкотемпературных дизельных топлив выбран наиболее экономически целесообразный и перспективный способ – применение высокоэффективных депрессорных присадок. На базе этого способа рассмотрены присадки для их применения: депрессорные присадки Difron 315, Keroflux 6100 и деспергатор парафинов Keroflux 3614.
3. Исследованиями физико-химических свойств дизельной фракции, выделенной из нефти Талаканского месторождения, показана возможность использования данной фракции в качестве летнего моторного топлива в прямом виде, благодаря своему n-алкановому составу и низкому содержанию ароматических углеводородов. Температура застывания топлива равна -28°C , температура помутнения -15°C и предельная температура фильтрации -17°C .
4. Показано, что физико-химические свойства имеющихся на рынке г. Якутска арктических дизельных топлив, по фракционному составу, температуре застывания и содержанию серы не соответствуют стандарту. Все исследованные топлива обладают «облегченным» фракционным составом, что свидетельствует о добавлении бензина.
5. Установлено, что показатели предельной температуры фильтруемости и T_3 характеризуют разные физические явления, протекающие в дизельном топливе и, как следствие, проявляются различия в действии присадок по снижению предельной температуры фильтрации и T_3 : присадка Difron 315 при

концентрации 0,55 % масс. обладает лучшими депрессорными свойствами, а присадка Keroflux 6100 – при концентрации 0,2 % масс.

6. Испытания на седиментационную устойчивость по комплексу свойств выдержали все депрессорно-диспергирующие присадки, разница в ПТФ нижнего слоя для композиции Keroflux 6100 + Keroflux3614 составила 2°С, а для композиции Difron 315 + Keroflux3614 составила 3°С. По температуре помутнения разница у обеих композиций составила 2 °С
7. Разработаны техническое требование к новому поколению низкозастывающего дизельного топлива с депрессорными присадками и вид нового топлива: арктическое ДАп-53\39 для применения до минус 50 °С.

Основное содержание диссертации изложено в работах:

Статьи в журналах из списка ВАК РФ:

1. Иовлева Е.Л., Лебедев М.П. Определение концентрации депрессорной присадки в составе дизельного топлива, полученного из Талаканской нефти // Химическая технология. – 2016. - № 16. – С.251-255.
2. Иовлева Е.Л., Захарова С.С., Лебедев М.П., Попова Л.И. Перспективы улучшения низкотемпературных характеристик фракций дизельного топлив // Вестник СГТУ. - 2013. - № 2(71). - вып. 2. - С.125-128
3. Иовлева Е.Л., Ишков А.М. Влияние качества дизельного топлива на работоспособность автомобилей // Вестник ИрГТУ. - 2014. - № 11(94). - С.193-199.

Патенты:

4. Патент № 2575256 РФ Способ получения арктического дизельного топлива. Авторы: Иовлева Е.Л., Захарова С.С., Лебедев М.П

Публикации в других изданиях:

5. Иовлева Е.Л., Захарова С.С. К вопросу разработки низкотемпературных дизельных топлив применяемых в условиях Крайнего Севера // Сборник трудов Всероссийской молодежной научной конференции «ЭРЭЛ-2011» - Я.: 2011. - С. 45-48
6. Иовлева Е.Л. Разработка технологии получения низкотемпературных дизельных топлив, применяемых в условиях Крайнего Севера //Сборник трудов VII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» - К.: 2011. - Т.3 – С. 47 - 48
7. Иовлева Е.Л. Исследование эксплуатационных характеристик товарного арктического дизельного топлива марки А-0,2 г. Якутска // Сборник трудов IV

Международной научно-практической конференции «Теоретические и практические аспекты развития современной науки» г. Москва, 3–4 июля 2012 г. – М.: «Спецкнига», 2012. – С. 74-78

8. Иовлева, Е.Л., Захарова С.С. Изучение эксплуатационных свойств арктического дизельного топлива г. Якутска //Молодой ученый – М.:2013. - №5 (52). – С. 35 – 40.
9. Иовлева Е.Л., Ишков А.М. Влияние качества топлива на надежность дизельных двигателей в условиях Севера /Е.Л. Иовлева //Наука и образование. – Я.: 2015. - № 1(77). – С. 65-70