

Исследование низкотемпературных свойств дизельного топлива марки ДТ-Л-К4 при изменении его состава на основе добавления присадок

¹**ЯКОВЛЕВ Владимир Сергеевич**, преподаватель, vel1051@yandex.ru,

¹**МУЗДЫБАЕВ Мурат Сеитович**, к.т.н., ассоциированный профессор, mtuzdybaev@mail.ru,

¹**МУЗДЫБАЕВА Альфия Сеиткызы**, к.т.н., ассоциированный профессор, amuzdybaeva@mail.ru,

¹**МЫРЗАБЕКОВА Динара Мырзабекқызы**, старший преподаватель, mdinara0812@mail.ru,

¹Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. А.К. Протозанова, 69,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель работы заключается в исследовании изменений низкотемпературных свойств летнего дизельного топлива при добавлении различных видов присадок или добавок. Методы исследования – экспериментальный анализ. Представлены результаты исследований, проводимых в области изменения свойств дизельного топлива марки ДТ-Л-К4. Проанализированы результаты проведенных лабораторных исследований свойств дизельного топлива. В результате экспериментальных исследований установлены оптимальные концентрации добавок для достижения требуемых эксплуатационных характеристик топлива, используемого в зимний период.

Ключевые слова: дизельное топливо, присадки, добавки, температура помутнения, температура застывания, предельная температура фильтруемости, плотность, транспорт, производство топлива, потребитель, метод.

Введение

В настоящее время в Республике Казахстан периодически наблюдается дефицит дизельного топлива в розничной сети АЗС. Более того, в зимний период сорт дизельного топлива должен отвечать повышенным требованиям к его эксплуатационным характеристикам [1].

Рассмотрим некоторые аспекты, касающиеся вопроса исследования:

1) На долю средств, использующих дизельные двигатели, приходится: по легковым автомобилям – 1,45%; по грузовым автомобилям – 44% приходится на среднетоннажные машины, а на крупнотоннажные автомобили – показатель равен 99%; по автобусам – 49,1%; на строительно-дорожную технику приходится уже 99% [2].

2) Климат Восточно-Казахстанской области – резко континентальный, с большими перепадами температур. Лето – жаркое, сухое, зима – холодная и снежная, в предгорьях умеренно холодная. Средние температуры зимних месяцев колеблются от -12°C до -20°C . Однако при вторжении арктических воздушных масс температура может опускаться до «минус» $40...45^{\circ}\text{C}$. Таким образом, при эксплуатации транспортной техники возникает существенная проблема применения эксплу-

атационных материалов.

3) Основными потребителями дизельного топлива являются: железнодорожный транспорт, грузовые автомобили, автобусы, сельскохозяйственная техника, военная техника, водный транспорт, дизель-генераторы, небольшая часть легковых автомобилей. Это обуславливает нарастающий темп потребления дизельного топлива в различных сферах народного хозяйства.

4) В Республике Казахстан основными производителями дизельного топлива являются: ТОО «Павлодарский нефтехимический завод»; ТОО «Петроказахстан ойл продактс» (Шымкентский нефтеперерабатывающий завод); ТОО «Атырауский НПЗ». Это три перерабатывающих предприятия выпускают топливо дизельное марок ДТ-Л-К4/К5, ДТ-Е-К4/К5 в соответствии с ТР ТС 013/2011, по ГОСТ 32511-2013 и ГОСТ 305-82.

Цель работы заключается в исследовании изменений низкотемпературных свойств летнего дизельного топлива при добавлении различных видов присадок или добавок. При этом особое внимание должно быть уделено климатическим условиям Восточно-Казахстанской области.

Научной гипотезой, выдвинутой на ранних этапах исследования, являлось предположение,

что при добавлении легкокипящих фракций нефти и специальных присадок в летнее дизельное топливо произойдет изменение его свойств и характеристик, удовлетворяющих ограничениям и допущениям, принятым в данном исследовании.

Теория вопроса

В соответствии с ГОСТ 305-82 «Топливо дизельное. Технические условия», в зависимости от условий применения, устанавливаются три марки дизельного топлива: летнее (Л); зимнее (З) и арктическое (А) [3]. По ГОСТ 32511-2013 «Топливо дизельное Евро. Технические условия», в зависимости от физико-химических свойств, эксплуатационных характеристик и условий применения, дизельное топливо подразделяется на летнее (Л), межсезонное (Е), зимнее (З) и арктическое (А) [4].

Сравнительный анализ нормативных документов позволяет установить, что марку дизельного топлива определяют в зависимости от условий применения и определяют такие показатели, как:

- температура помутнения – по ГОСТ 305-82 и ГОСТ 32511-2013;

- предельная температура фильтруемости – по ГОСТ 32511-2013;

- температура застывания – по ГОСТ 305-82.

Температура помутнения – это температура, при которой топливо теряет прозрачность в результате выпадения кристаллов n-парафиновых углеводородов или микрокристаллов льда. При данной температуре топливо остается текучим [5]. При дальнейшем охлаждении помутневшего дизельного топлива происходит срачивание выпавших микрокристаллов высокоплавких углеводородов (парафинов). В результате начинает образовываться каркас пространственной решетки, в ячейках которой остаются жидкие углеводороды. При определенной температуре образуется прочная и плотная структура, т.е. топливо полностью теряет текучесть. Это приводит к прекращению подачи топлива из топливного бака к ТНВД и двигателю. Температура застывания – это температура, при которой топливо теряет текучесть [5].

Для оценки низкотемпературных свойств дизельных топлив после принятия требований Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» в введен показатель, определяющий еще одно низкотемпературное свойство дизельного топлива – предельная температура фильтруемости [6]. Предельная температура фильтруемости – это температура, при которой топливо в результате охлаждения в соответствующих условиях способно проходить через холодный фильтр с определенной скоростью. Предельная температура фильтруемости дизельных топлив обычно ниже температуры помутнения, но чуть выше, а

иногда и равна температуре застывания, все зависит от группового состава углеводородов, входящих в дизельное топливо.

Существует два основных способа изменения низкотемпературных свойств дизельных топлив.

Первый способ используют на нефтеперерабатывающих заводах, он заключается в удалении из дизельного топлива высокоплавких углеводородов – алканов нормального строения (парафинов).

Второй способ заключается в добавлении в дизельное топливо специальных депрессорных присадок, которые значительно снижают предельную температуру фильтруемости и температуру застывания и, как правило, не влияют на температуру помутнения.

Объем производства зимних топлив в нашей стране остается недостаточным, поэтому в зимнее время часто используют летнее дизельное топливо с использованием различных добавок (присадок).

Ранее проведенные исследования рассматривали изменения низкотемпературных свойств дизельного топлива в сопоставимых условиях северных регионов Российской Федерации, которые характеризуются суровыми климатическими условиями. Одним из способов улучшения низкотемпературных свойств является добавление депрессорно-диспергирующих присадок (рассмотрены присадки антигель-ЭлтраС, Keroflux 3501, АддиТОП ДДП, СОНПАР-5601 марки А и марки С) [7, 8]. Исследования показали, что при добавлении в межсезонное дизельное топливо присадки можно добиться улучшения низкотемпературных свойств по ГОСТ 32511-2013 с сорта Е до сорта F (0 класс) [7]. Полученные результаты исследований являются неприменимыми для нашего исследования по ряду причин: 1) в ходе проведенного эксперимента не достигнуты требуемые характеристики для строго зимнего класса топлива, что является недопустимым с точки зрения законодательства РК; 2) отсутствие в открытом доступе рассматриваемых видов депрессорно-диспергирующих присадок.

С учетом выявленных аспектов ранее проведенных экспериментов становится актуальным исследование способов получения зимнего сорта дизельного топлива, которое бы соответствовало требованиям нормативных документов РК. В суровых климатических условиях ВКО данная проблема приобретает особую практическую значимость.

На основании вышеизложенного были поставлены и решены следующие **задачи исследования**:

1) Изучить изменение плотности при разбавлении дизельного топлива керосином и бензином и добавлением присадок;

2) Определить концентрацию низкокипящих компонентов, при которой можно получить топливную смесь с требуемыми характеристиками температуры помутнения и температуры засты-

вания, соответствующими зимнему дизельному топливу по ГОСТ 305-82 и ГОСТ 32511-2013;

3) Провести исследование влияния присадок Dodiflow 5416 и Dodiwax 4500 на свойства дизельного топлива;

4) Выявить особенности применения различных добавок к дизельному топливу;

5) Определение концентраций присадок и добавок для получения оптимальных характеристик, соответствующих сортам зимнего дизельного топлива.

6) Провести анализ полученных результатов испытаний.

Новизной проведенных нами экспериментальных исследований являются полученные эмпирические результаты лабораторных анализов, которые описывают:

1) количественные изменения плотности испытуемого дизельного топлива в зависимости от применения керосина, бензина и присадок Dodiflow 5416 и Dodiwax 4500;

2) выявление зависимости температуры помутнения и застывания испытуемого дизельного топлива от применения керосина, бензина и присадок Dodiflow 5416 и Dodiwax 4500;

3) определение оптимальных концентраций керосина, бензина и присадок Dodiflow 5416 и Dodiwax 4500 с целью получения требуемых характеристик зимних сортов топлива.

Порядок проведения экспериментальных исследований, описание материалов и методов анализа.

Объектом исследования являются товарное дизельное топливо марки ДТ-Л-К4 (ГОСТ 32511-2013), приобретенное в розничной сети АЗС в г. Усть-Каменогорске. Перед исследованием провели предварительный анализ основных показателей топлив, результаты которых приведены в таблице 3.

На базе аккредитованного Научно-производственного центра по сертификационным испытаниям автомобильных топлив и масел (НППЦ «САТиМ») НАО «Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева» (аттестат аккредитации № КЗ.Т.07.0359 от 11.05.2020 г.) были выполнены лабораторные испытания летнего дизельного топлива с различными добавками.

В каждый испытуемый образец по отдельности вводилось:

- реактивное топливо (керосин) марки – ТС (ГОСТ 10227-86);

- автомобильный бензин марки АИ-92-К4 (ГОСТ 32513-2013);

- низкотемпературные присадки Dodiflow 5416 и Dodiwax 4500.

Для выполнения комплекса испытаний были приготовлены четыре серии образцов, каждая серия состояла из четырех образцов с определенной концентрацией компонентов:

- серия №1: смесь дизельного топлива (%) с

керосином (%) в соотношении компонентов как 80/20, 60/40, 40/60 и 20/80;

- серия №2: смесь дизельного топлива (%) с бензином (%) в соотношении компонентов как 80/20, 60/40, 40/60 и 20/80;

- серия №3: смесь дизельного топлива с присадкой Dodiflow 5416 с концентрацией последней в топливе от 40 до 550 мг/л;

- серия №4: смесь дизельного топлива с присадкой Dodiwax 4500 с концентрацией последней в топливе от 120 до 420 мг/л.

Концентрации присадок были использованы в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

В ходе первого этапа исследований были получены следующие результаты: изменение плотности при 20°C, температуры помутнения и температуры застывания исследуемых смесей.

Обсуждение результатов испытаний

Проведем анализ результатов выполненных испытаний. Основополагающие характеристики можно отразить по следующим направлениям:

1) Исследование изменения плотности испытуемых смесей при добавлении низкокипящих компонентов и присадок. При добавлении в дизельное топливо низкокипящих компонентов, таких как бензин и керосин, происходит существенное уменьшение плотности, что показано на рисунке 1.

Интерес представляет тот факт, что при добавлении в дизельное топливо присадок Dodiflow 5416 и Dodiwax 4500 изменений плотности в дизельном топливе не было выявлено.

2) Исследование влияния добавок реактивного топлива на технические характеристики дизельного топлива. Серия испытаний №1 проводилась в лабораторных условиях и предполагала изучение влияния добавок в виде керосина на изменение низкотемпературных свойств дизельного топлива. На рисунке 2 представлена зависимость указанных характеристик – серия испытаний №1.

Результаты испытаний показали, что при концентрациях добавок до 40% (60% – дизельное топливо и 40% – керосина) наблюдалось постепенное снижение температуры помутнения и застывания, а при увеличении концентрации керосина в диапазоне с 40% до 80% наблюдалось резкое изменение этих показателей.

3) Исследования влияния добавления бензина на свойства дизельного топлива. На рисунке 3 приведены графики изменения низкотемпературных свойств дизельного топлива при добавлении бензина – серия испытаний №2.

Результаты испытаний показали, что при концентрациях добавок начиная с 30% и более наблюдалось резкое падение температуры помутнения и температуры застывания.

4) Анализ результатов влияния низкотемпературной присадки Dodiflow 5416 на свойства летнего дизельного топлива. В ходе лабораторных

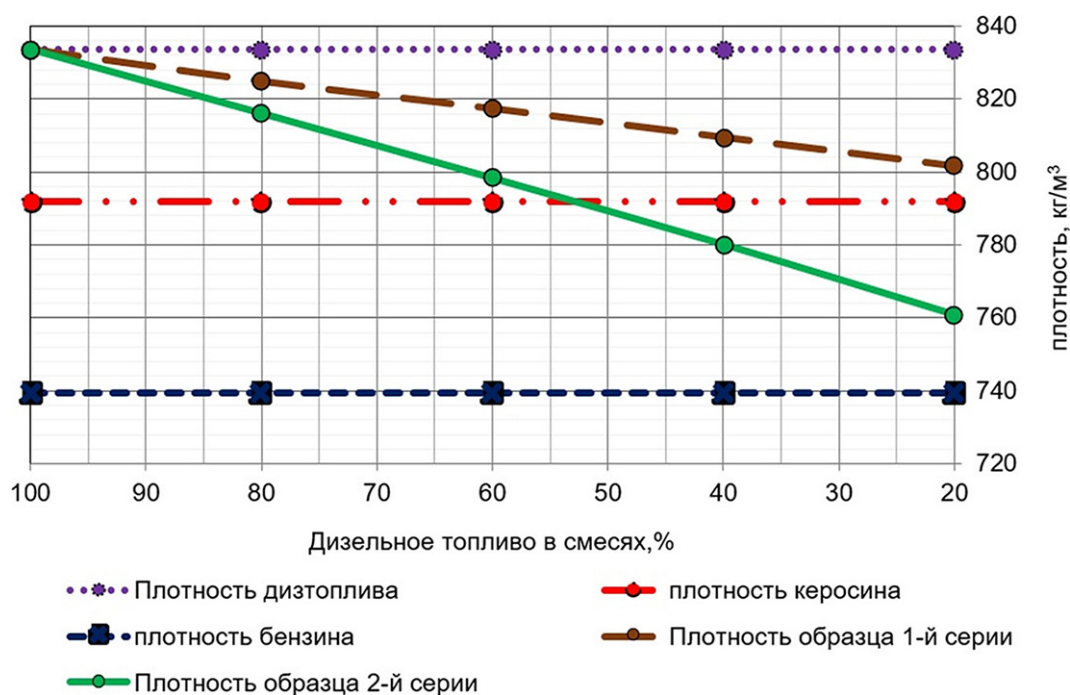


Рисунок 1 – Графики изменения плотности испытываемых топлив

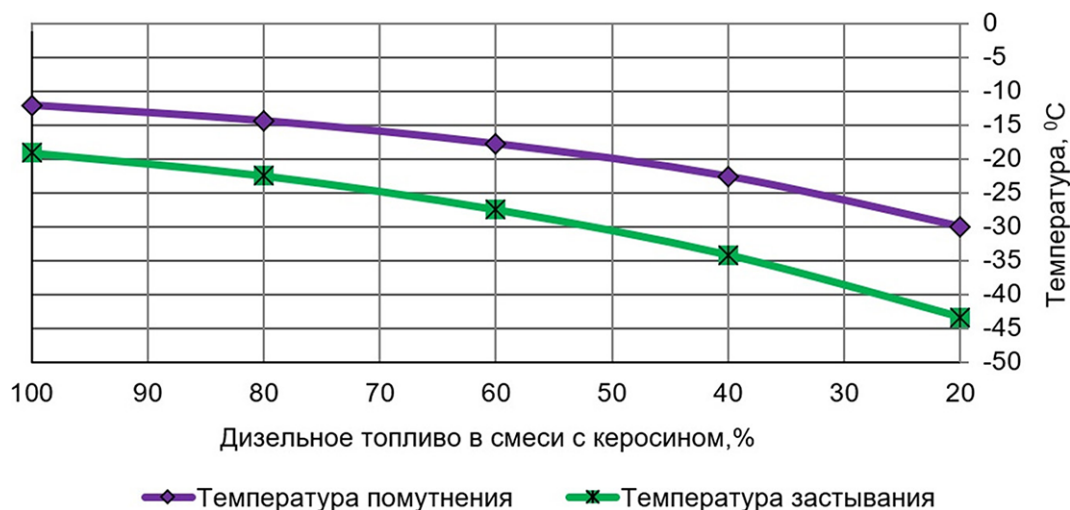


Рисунок 2 – График изменения низкотемпературных свойств дизельного топлива в смеси с керосином (серия испытаний №1)

испытаний серии №3 была использована присадка Dodiflow 5416, производитель – концерн «Clariant» (Германия) [9]. На рисунке 4 приведены графики зависимости низкотемпературных свойств дизельного топлива от концентрации присадки. Анализ полученных данных в ходе испытаний серии №3 позволяет утверждать, что требуемые значения по температуре застывания достигаются при концентрации присадки Dodiflow 5416 в базовом топливе не менее 550 мг/л.

5) Анализ результатов влияния низкотемпературной присадки Dodiwax 4500 на свойства летнего дизельного топлива. В ходе лабораторных испытаний серии №4 была использована при-

садка Dodiwax 4500 (производитель «Clariant», Германия) [10]. На рисунке 5 представлены графики зависимости низкотемпературных свойств дизельного топлива от концентрации присадки Dodiwax 4500 – серия испытаний №4. Анализ полученных данных в ходе испытаний серии №4 позволяет утверждать, что требуемые значения по температуре застывания достигаются при концентрации присадки Dodiwax 4500 в базовом топливе не менее 390 мг/л.

Выводы

В результате обработки полученных данных в ходе проведения испытаний установлено

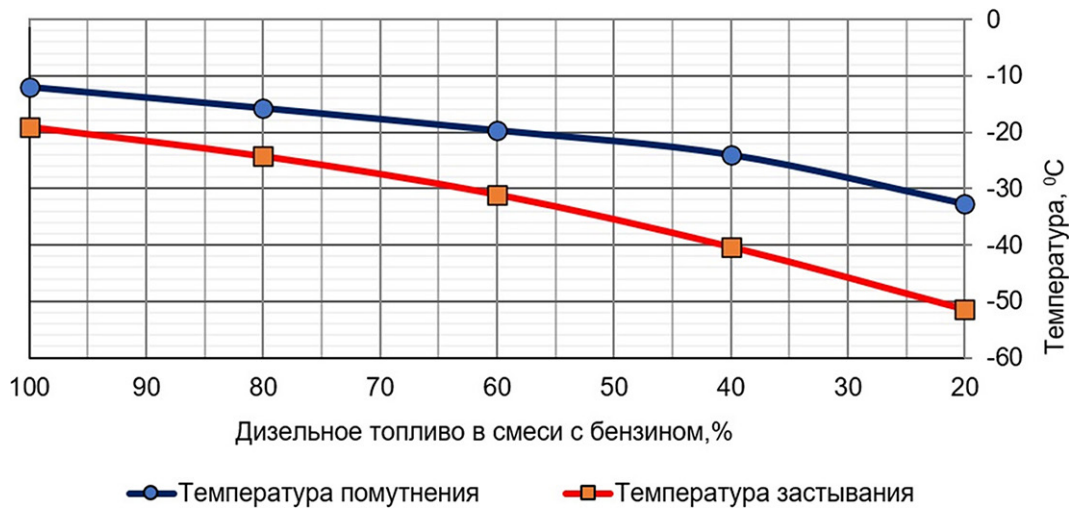


Рисунок 3 – График изменения низкотемпературных свойств дизельного топлива в смеси с бензином (серия испытаний №2)

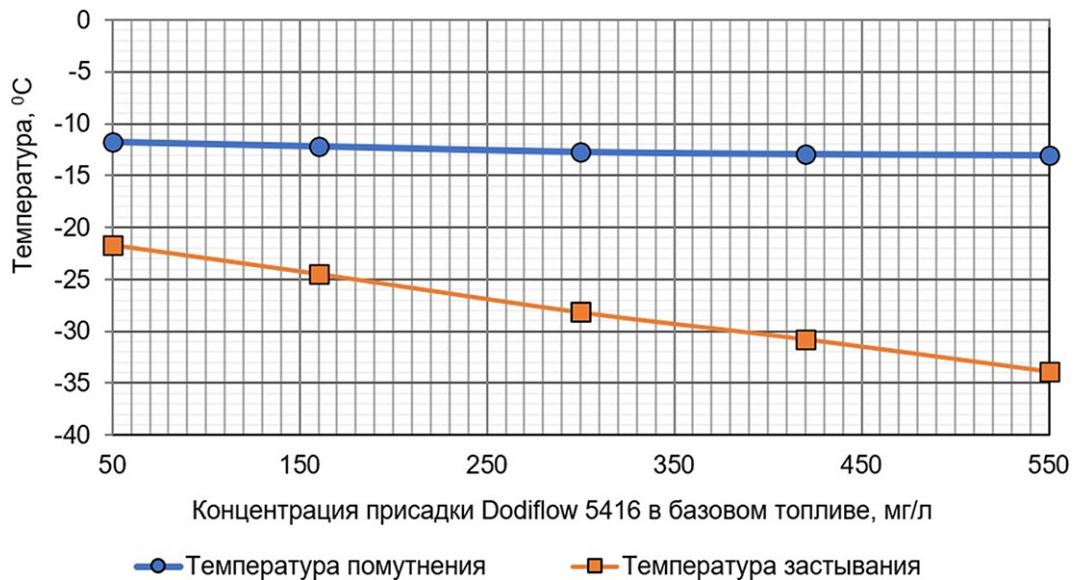


Рисунок 4 – График изменения низкотемпературных свойств дизельного топлива с присадкой Dodiflow 5416

следующее.

1) При разбавлении дизельного топлива керосином и бензином происходит существенное снижение плотности полученных смесей. Однако плотность дизельного топлива с низкотемпературными присадками не изменяется.

2) Определена концентрация низкокипящих компонентов, при которой можно получить топливную смесь с требуемыми характеристиками температуры помутнения и температуры застывания, соответствующими зимнему дизельному топливу по ГОСТ 305-82 и ГОСТ 32511-2013. Экспериментальным способом установлено, что удовлетворительные характеристики достигаются при соотношении: в одном случае – не менее 60% керосина и 40% дизельного топлива, в другом

случае – не менее 50% бензина и 50% дизельного топлива.

3) Проведено исследование влияния присадок Dodiflow 5416 и Dodiwax 4500 на свойства дизельного топлива. При этом подтверждена гипотеза о снижении температуры застывания дизельного топлива до нормативных значений, предусмотренных для зимнего дизельного топлива, при максимальных концентрациях указанных присадок в дизельном топливе:

- для присадки Dodiflow 5416 концентрация составила 550 мг/л;

- для присадки Dodiwax 4500 концентрация составила 390 мг/л.

Кроме того, лабораторным способом установлено, что присадки Dodiflow 5416 и Dodiwax 4500

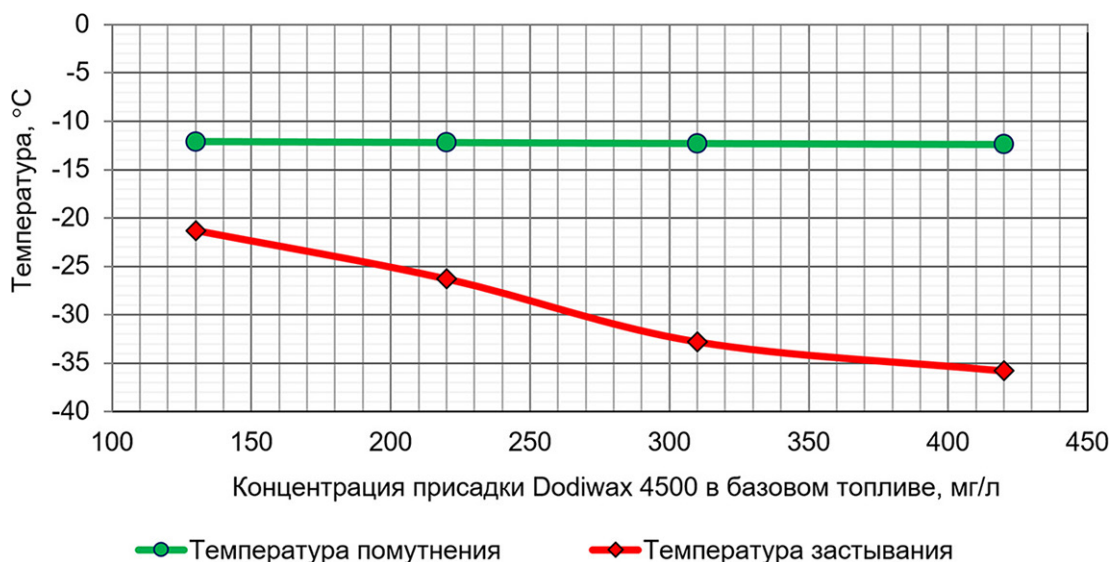


Рисунок 5 – График изменения низкотемпературных свойств дизельного топлива с присадкой Dodiwax 4500

не оказывают влияния на температуру помутнения дизельного топлива. Оценка влияния на другие показатели качества дизельного топлива на этом этапе исследования не проводилась.

4) В ходе проведения экспериментальных исследований выявлены важные аспекты применения различных добавок к дизельному топливу:

а) Применение добавок в дизельное топливо, таких как керосин или бензин, в комплексе с длительной работой двигателя на таких смесях, вызывает снижение и плотности, и вязкости получаемой смеси. Выявлено, что это приведет к повышенному износу и появлению задигов в прецизионных элементах системы питания двигателя: ТНВД, форсунок. Для снижения износов в прецизионных парах многие водители используют способ добавления к дизельному топливу вместе с керосином небольшого количества моторного масла. Полученная смесь имеет непредсказуемые последствия как для системы питания двигателя, так и механизмов КШМ и ГРМ, приводит к повышению выбросов вредных веществ [11].

б) Депрессорные присадки в настоящее время имеют большое разнообразие, имеют различный принцип действия и качество: некоторые присадки снижают только температуру застывания, но не влияют на температуру помутнения. Такие присадки способны к образованию двух слоев топлива в топливных баках автомобиля: верхнего прозрачного слоя с пониженным цетановым числом и мутного нижнего – имеющего мелкие кристаллы парафинов [12].

в) Отмечено, что необходимая концентрация присадки существенно зависит от характеристик базового дизельного топлива и перед применением необходимо провести предварительные испытания действия присадки на обрабатываемое дизельное топливо.

г) При использовании присадок необходимо выдерживать рекомендуемый производителем температурный режим смешивания топлива и присадки, использовать специальные технические устройства и средства для нагрева и ввода присадок, поэтому в ходе приготовления к испытаниям серии №3 присадка Dodiflow 5416 и базовое дизельное топливо перед смешиванием предварительно подогревались до температуры + 40°C. Присадка Dodiwax 4500 смешивалась с базовым дизельным топливом при комнатной температуре.

5) В ходе исследований было подтверждено, что функционирование присадок в базовом образце топлива достигается, если топливо находится в жидком состоянии, т.е. имеется возможность для протекания физико-химических процессов в процессе смешивания компонентов.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что получить необходимые качественные характеристики зимнего дизельного топлива из летнего при обеспечении требований ГОСТ 32511-2013, ГОСТ 305-82 и ТР ТС 013/2011 для водителя – «частника» без использованием специализированного лабораторного оборудования и постоянного контроля параметров условий фактически невозможно. Это обусловлено техническими, технологическими и иными факторами. Кроме того, данный процесс становится для индивидуальных лиц невыгодным по экономическим соображениям. Однако в случае возникновения чрезвычайных обстоятельств, связанных с отказами оборудования по причине неудовлетворительных характеристик дизельного топлива, допускается возможность «аварийного» (единичного) использования летнего топлива в зимнее время, при применении рассмотренных способов улучшения параметров топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://www.inform.kz/ru/kuda-ischez-dizel_a3840578
2. <https://stat.gov.kz/official/industry/18/statistic/6>
3. ГОСТ 305-82 «Топливо дизельное. Технические условия».
4. ГОСТ 32511-2013 «Топливо дизельное Евро. Технические условия».
5. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов. – М.: Наука-Пресс, 2004. – 421 с.
6. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту».
7. http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/4_2019/ogbus_4_2019_p110-124.pdf
8. http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/41578/1/conference_tpu-2017-C27_p321-322.pdf
9. <http://www.toplivopromprisadki.ru/katalog/prisadki/prisadki-dlya-dizelnogo-topliva/dodiflow-5416-%E2%80%94depressorno-dispergiruyushhaya-prisadka-dlya-dizelnogo-topliva-i-srednix-distillyatov>
10. <http://www.toplivopromprisadki.ru/katalog/prisadki/prisadki-dlya-dizelnogo-topliva/dodiwax-4500-%E2%80%94dispergator-parafinov-dlya-srednix-distillyatov>
11. <https://avtozhidkost.ru/skolko-kerosina-dobavit-v-solyarku-zimoy>
12. <https://globecore.ru/stati/danilov/7-prisadki-i-vspomoga-sredstva/7-3-depressornye-prisadki.html>

Қоспаларды қосу негізінде ДТ-Л-К4 маркалы дизель отыны құрамының өзгеруі кезінде оның төмен температуралық қасиеттерін зерттеу

¹***ЯКОВЛЕВ Владимир Сергеевич**, оқытушы, vel1051@yandex.ru,

¹**МУЗДЫБАЕВ Мурат Сеитович**, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, mmuzdybaev@mail.ru,

¹**МУЗДЫБАЕВА Альфия Сеитқызы**, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, amuzdybaeva@mail.ru,

¹**МЫРЗАБЕКОВА Динара Мырзабекқызы**, аға оқытушы, mdinara0812@mail.ru,

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан, Өскемен, А.К. Протозанов көшесі, 69,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыстың мақсаты – жазғы дизель отынының төмен температуралық қасиеттерінің өзгеруін әр түрлі қоспаларды немесе қосымдарды қосу арқылы зерттеу. Зерттеу әдістері – эксперименттік талдау. ДТ-Л-К4 маркалы дизель отынының қасиеттерін өзгерту саласында жүргізілген зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Дизель отынының қасиеттерін зертханалық зерттеу нәтижелері талданды. Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде қыста пайдаланылатын отынның қажетті пайдалану сипаттамаларына қол жеткізу үшін қоспалардың оңтайлы концентрациясы анықталды.

Кілт сөздер: дизель отыны, қоспалар, қосымдар, лайлану температурасы, қату температурасы, сүзілудің шекті температурасы, тығыздығы, көлік, отын өндірісі, тұтынушы, әдіс.

Investigation of the Low-temperature Properties of the DT-L-K4 Diesel Fuel in Case of Changing its Composition Based on the Addition of Supplements

¹***YAKOVLEV Vladimir**, Teacher, vel1051@yandex.ru,

¹**MUZDYBAEV Murat**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, mmuzdybaev@mail.ru,

¹**MUZDYBAEVA Alfiya**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, amuzdybaeva@mail.ru,

¹**MYRZABEKOVA Dinara**, Senior Lecturer, mdinara0812@mail.ru,

¹D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Kazakhstan, Oskemen, A.K. Protozanov Street, 69,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the work is investigation of the low-temperature properties changes belonging to summer type diesel fuel when various types of additives or supplements were added. Research methods include experimental analysis. The research results, which were conducted in the field of changing the DT-L-K4 diesel fuel properties, are presented. The results of diesel fuel properties laboratory studies were analyzed. Due to experimental researches, optimal concentrations of additives have been established for achievement the required operational characteristics of the fuel which is used in winter time.

Keywords: diesel fuel, additives, supplements, turbidity temperature, solidification temperature, maximum filterability temperature, density, vehicle, fuel production, consumer, method.

REFERENCES

1. https://www.inform.kz/ru/kuda-ischez-dizel_a3840578
2. <https://stat.gov.kz/official/industry/18/statistic/6>
3. GOST 305-82 «Топливо дизельное. Технические условия».
4. GOST 32511-2013 «Топливо дизельное Евро. Технические условия».
5. Vasileva L.S. Avtomobilnye jekspluatacionnye materialy: Ucheb. dlja vuzov. – Moscow: Publ. Nauka-Press, 2004. – 421 p.
6. Tehniceskij reglament Tamozhennogo sojuza TR TS 013/2011 «O trebovanijah k avtomobilnomu i aviacionnomu benzinu, dizelnomu i sudovomu toplivu, toplivu dlja reaktivnyh dvigatelej i mazutu».
7. http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/4_2019/ogbus_4_2019_p110-124.pdf
8. http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/41578/1/conference_tpu-2017-C27_p321-322.pdf
9. <http://www.toplivopromprisadki.ru/katalog/prisadki/prisadki-dlya-dizelnogo-topliva/dodiflow-5416-%E2%80%94depressorno-dispergiruyushhaya-prisadka-dlya-dizelnogo-topliva-i-srednix-distillyatov>
10. <http://www.toplivopromprisadki.ru/katalog/prisadki/prisadki-dlya-dizelnogo-topliva/dodiwax-4500-%E2%80%94dispergator-parafinov-dlya-srednix-distillyatov>
11. <https://avtozhidkost.ru/skolko-kerosina-dobavit-v-solyarku-zimoi>
12. <https://globecore.ru/stati/danilov/7-prisadki-i-vspomoga-sredstva/7-3-depressornye-prisadki.html>