

**Е.Н. Лозинский**

*ГПОУ «Донецкий политехнический колледж» (Донецк)*

**Н.С. Лозинский /к.т.н./**

*ГУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко» (Донецк)*

## **ОБ УЛУЧШЕНИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ТОПЛИВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВОМ ТС-1, БЕНЗИНОМ ИЛИ КОММЕРЧЕСКИМИ ДЕПРЕССОРНО-ДИСПЕРГИРУЮЩИМИ ПРИСАДКАМИ**

*Подтвержден факт получения стандартного топлива дизельного зимней марки при добавлении не менее 30 % объема топлива ТС-1 к ДТ Л-0,20-62. Введение бензина в такое топливо всегда приводит к образованию опасного к применению горючего. Для эффективного изменения марки топлива предложено использовать конкретные коммерческие депрессорно-диспергирующие присадки.*

**Ключевые слова:** топливо дизельное, топливо ТС-1, бензин, депрессорно-диспергирующие присадки.

### **Постановка проблемы**

Для улучшения низкотемпературных свойств топлива дизельного (ДТ) при его производстве применяются 6 способов (в скобках указаны их недостатки) [1...3]:

- снижение конца кипения дизельной фракции (снижается выход дизельного топлива);
- смешивание дизельного топлива с керосиновой фракцией (требуется гидроочистка керосина);
- удаление н-парафинов методом экстрактивной кристаллизации (периодичность процесса и затоваривание парафином низкого качества);
- добавление депрессорно-диспергирующих присадок;
- каталитическая изомеризация (высокая стоимость катализаторов, содержащих металлы платиновой группы);
- каталитическая депарафинизация, при использовании которой снижается необходимость в дорогих металлах.

Очевидно, что весьма популярными и доступными из перечисленных в среде автолюбителей являются второй и четвертый способы. Особенно в регионах с переменчивыми зимами, характеризующимися экстремально резким изменением температурного режима окружающей среды.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Обнаружена одна исследовательская публикация, посвященная возможности использования

летнего топлива дизельного с добавками других топлив (керосина осветительного (КО) и бензина АИ-80) в условиях низких температур [4].

Авторы исследовали характер влияния КО и бензина АИ-80 на плотность, фракционный состав, кинематическую вязкость, температуры: вспышки в закрытом тигле (ТВЗТ), помутнения и застывания дизельного летнего экологически чистого топлива (ДЛЭЧ) по ТУ 38.1011348-2003; а также провели квалификационные испытания смесевых образцов на качество распыления и расход при работе двигателя на разных режимах.

Исследования показали, что фракционные составы смесей с добавками от 5 до 30 % об. КО и от 5 до 10 % об. бензина «Нормаль-80» приближают характеристики ДЛЭЧ к характеристикам зимнего дизельного топлива.

Поэтому авторы полагают возможным использовать летнее дизельное топливо в зимних условиях при добавке керосина осветительного в объеме 20...30 %, но при необходимости и в зависимости от температуры окружающей среды. Более того, при отсутствии керосина им представляется возможной добавка к летнему дизельному топливу бензина в количестве от 5 до 10 % по отношению к объему дизельного топлива.

Однако, несмотря на результаты углубленного исследования, к авторам упомянутой статьи возникает несколько вопросов. Во-первых, чем обусловлен выбор для улучшения низкотемпературных свойств смеси именно осветительного керосина? В настоящее время это очень дефи-

цитный нефтепродукт. Во-вторых, можно ли заменить КО более распространенным «керосином» – топливом ТС-1? Наконец, непонятно, соблюдаются ли установленные закономерности применительно к ДТ других производителей.

Литература о влиянии депрессорно-диспергирующих присадок (ДДП) на свойства ДТ намного обширнее и разнообразнее [1,2,5...9]. Главный вывод, которые делают авторы, – присадки необходимо подбирать индивидуально к каждому конкретному дизельному топливу.

Иного мнения придерживаются авторы работы [10], доказывая на выборке из шестнадцати различных коммерческих ДДП, что углеводородный состав ДТ практически не влияет на эффективность этих добавок, которая, в свою очередь, предопределенается составом (производителем) самой добавки и ее содержанием в топливе.

При этом по характеру действия ДДП подразделяются на три группы. Первая группа – это присадки, которые значительно уменьшают предельную температуру фильтруемости (ПТФ), от 3-х до 11-ти градусов, при введении небольшого их количества (500 ppm). Вторая группа – это присадки, которые практически не влияют на значения ПТФ при малой концентрации (500 ppm), но уменьшают их при увеличении содержания (до 5000 ppm). Третья группа – это присадки, которые не влияют на ПТФ ДТ даже при большом их содержании. Однако сведений о марках и производителях как ДТ, так и ДДП авторы не сообщают, что снижает практическую ценность работы.

Таким образом, сведения об эффективности коммерческих ДДП крайне скучны и мало применимы для рядового автолюбителя, которому в такой ситуации приходится черпать прикладную информацию из тестов экспертов журнала «За рулем» или интернет-сайтов [11].

### Цель (задачи) исследования

Целью данного исследования является установление характера влияния добавки топлива ТС-1 (ТС), бензина автомобильного (БА) или коммерческих депрессорно-диспергирующих присадок на самые критичные потребительские параметры ДТ двух разных производителей для улучшения низкотемпературных свойств топли-

ва дизельного летней марки и прогноз на их применимость в этом качестве.

### Основной материал исследования

Объекты исследования: топливо дизельное марки ДТ Л-0,20-62: ДТ1 и ДТ2 (производитель АО «Укртатнафта»), а также ДТ3 (производитель ООО «Линос») по ДСТУ 3868-99, топливо ТС-1 (производитель АО «Укртатнафта») по ГОСТ 10227-86, бензины марок А-92 (производитель ООО «Линос») и А-95 (производитель АО «Укртатнафта») по ДСТУ 4063-2001, а также смеси ДТ с ТС-1, бензинами и коммерческими ДДП. Коммерческие присадки: Hi-Gear и ABRO ANTI-Gel (США), Wynn's for diesel (Бельгия) и K2 TURBO DFA-39 (Польша) приобретены в розничной сети.

Качество продуктов подтверждено сертификатами соответствия.

Присадки в топливо вводили при комнатной температуре в указанных в рецептуре количествах.

Методы исследования для определения: плотности при температуре 20 °C –  $\rho_4^{20}$  (средства измерительной техники (СИТ) – ареометры АНТ-1 и термометр ТТЖ-М) по ГОСТ 3900-85; фракционного состава (испытательное оборудование (ИО) – аппарат для разгонки нефтепродуктов АРНП-2) по ГОСТ 2177-99 (регистрировали температуру начала кипения ( $t_{HK}$ ), конца кипения ( $t_{96}$ ), значения показания температуры при 5- и 95 %-ном отгонах и при кратном 10 %-ном отгоне от 10 % до 90 % включительно.); температуры вспышки в закрытом тигле (ИО – аппарат ТВЗ для определения температуры вспышки в закрытом тигле и анализатор температуры вспышки закрытого типа серии З SETAFLASH 30000-0, СИТ – термометры ТН-6 и ТН-7) по ГОСТ 6356-75 и ASTM D 3928-98, предельной температуры фильтруемости (ИО – установка УТФ-70, СИТ – термометр ТН-8) по ГОСТ 22254-92.

Все средства измерительной техники поверены, а испытательное оборудование аттестовано.

При введении ТС-1 в ДТ плотность последнего снижается (табл. 1...4).

Табл. 1. Состав и некоторые физико-химические свойства ДТ1, ДТ2, ДТ3 и ТС-1

№	Образец	$\rho_4^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	$t_{HK}$ , °C	$t_{50}$ , °C	$t_{96}$ , °C	ТВЗТ, °C	ПТФ, °C
1	ДТ1	0,8340	179,0	264,0	365,0	62	-4
2	ДТ2	0,8354	181,0	275,0	365,0	74	-2
3	ДТ3	0,8353	180,0	269,0	332,0	76	-10
4	ТС-1	0,7836	135,0	182,0	212,0	31	-55

Табл. 2. Свойства образцов на основе ДТ1 с различным содержанием ТС-1

№	Содержание ТС-1, % об.	$\rho_4^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	$t_{HK}$ , °C	$t_{50}$ , °C	$t_{96}$ , °C	ТВЗТ, °C
1	10	0,8300	175,0	250,0	359,0	60
2	20	0,8200	170,0	242,0	356,0	50
3	30	0,8150	163,0	234,0	349,0	48
4	50	0,8005	159,0	212,0	342,0	43

Табл. 3. Свойства образцов на основе ДТ2 с различным содержанием ТС-1

№	Содержание ТС-1, % об.	$\rho_4^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	$t_{HK}$ , °C	$t_{50}$ , °C	$t_{96}$ , °C	ТВЗТ, °C	ПТФ, °C
1	5	0,8334	—	—	—	69	-2
2	10	0,8304	175,0	—	—	64	-2
3	15	0,8284	—	—	—	57	-2
4	20	0,8254	174,0	243,0	364,0	57	-3
5	30	0,8204	163,0	—	—	53	-4
6	40	0,8154	—	—	—	49	-6
7	50	0,8105	159,0	214,0	363,0	41	-8

Табл. 4. Свойства образцов на основе ДТ3 с различным содержанием ТС-1

№	Содержание ТС-1, % об.	$\rho_4^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	$t_{HK}$ , °C	$t_{50}$ , °C	$t_{96}$ , °C	ТВЗТ, °C	ПТФ, °C
1	30	0,8164	165,0	236,0	342,0	50	-15
2	50	0,8064	175,0	214,0	336,0	45	-18

Характер зависимости по критерию  $R^2$ , скорее всего, подчиняется нелинейному закону (рис. 1). Для ДТ1  $y = -0,0007x + 0,8350$ ,  $R^2 = 0,9908$ ,  $y = 9E-07x^2 - 0,0006x + 0,8347$ ,  $R^2 = 0,9912$ ; для ДТ2  $y = -0,0005x + 0,8356$ ,  $R^2 = 0,9994$ ,  $y = 2E-09x^2 - 0,0005x + 0,8356$ ,  $R^2 = 0,9994$ ; для ДТ3  $y = -0,0006x + 0,8349$ ,  $R^2 = 0,9963$ ,  $y = 3E-06x^2 - 0,0007x + 0,8353$ ,  $R^2 = 1$ .

При этом плотность образцов при 20 °C отвечает требованиям ДСТУ 3868-99 (не более 0,8400 г/см<sup>3</sup>), т.е. по этому параметру горючее остается стандартным.

На рис. 2 приведены кривые Энглера объектов исследования до смешения по данным фракционного состава.

Приведенные результаты показывают, что, во-первых, топливо ТС-1 отличается по фракционному составу от керосина осветительного, что оправдывает сделанный выбор в его пользу, а, во-вторых, последние фракции бензинов, с одной стороны, и ТС-1 и КО, с другой – выкипают в одном и том же температурном интервале.

Кривые Энглера образцов, полученных смешением исходных объектов исследования, показаны на рис. 3...5.

Из рисунков следует, что с увеличением содержания ТС-1 фракционный состав смесевых образцов приближается к фракционному составу добавляемого в ДТ компонента.

Сведения о других свойствах исследованных

образцов сведены в табл. 1...4 и проиллюстрированы на рис. 6...8.

Из результатов исследования следует, что с увеличением содержания ТС-1 ТВЗТ смесевых образцов приближается к ТВЗТ добавляемого в образцы топлива.

Характер изменения ТВЗТ описывается уравнениями второго порядка (см. рис. 6): для ДТ1  $y = 0,005x^2 - 0,6579x + 63,156$  ( $R^2 = 0,9471$ ); для ДТ2  $y = 0,0084x^2 - 1,0149x + 73,02$  ( $R^2 = 0,9499$ ); для ДТ3  $y = 0,0123x^2 - 1,2367x + 76$  ( $R^2 = 1$ ).

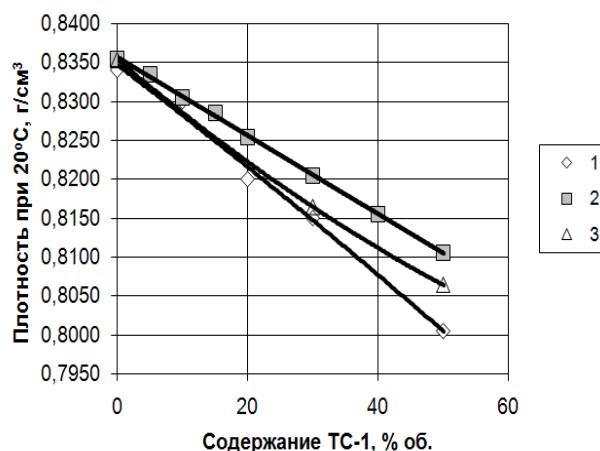


Рис. 1. Зависимость плотности от содержания ТС-1 для образцов на основе:  
1 – ДТ1; 2 – ДТ2; 3 – ДТ3

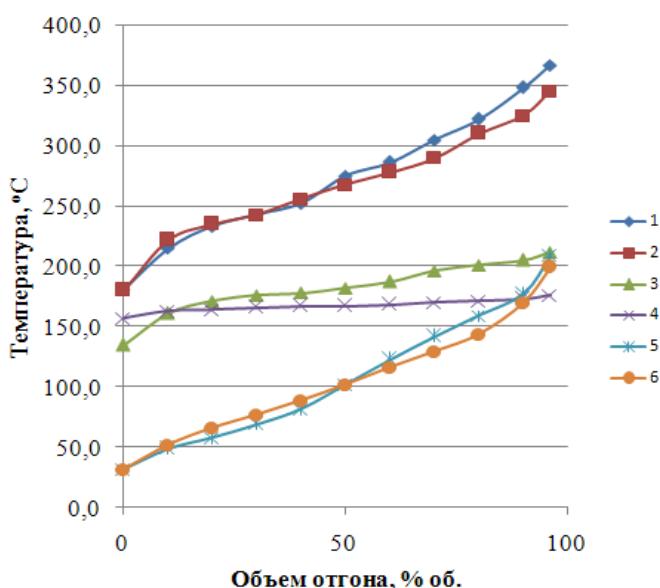


Рис. 2. Кривые Энглера объектов исследований:  
1 – ДТ2; 2 – ДТ3; 3 – ТС-1; 4 – КО; 5 – А-92; 6 – А-95

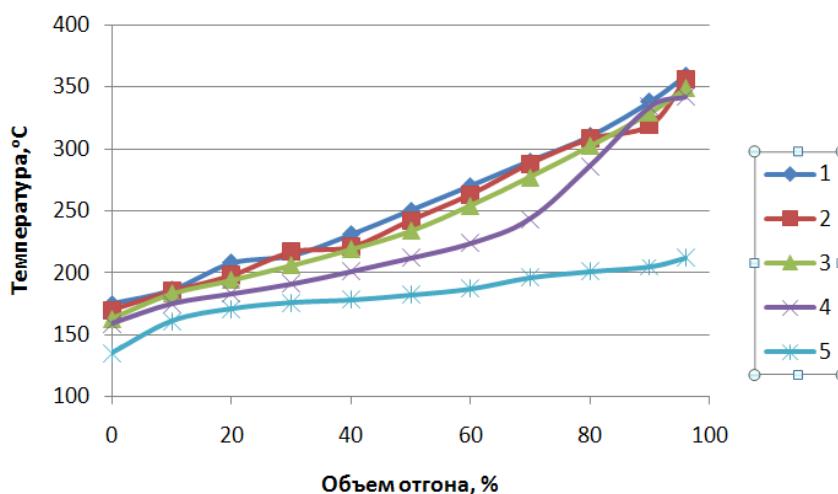


Рис. 3. Кривые Энглера образцов на основе ДТ1 с разным содержанием ТС-1, % об.:  
1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 50; 5 – 100

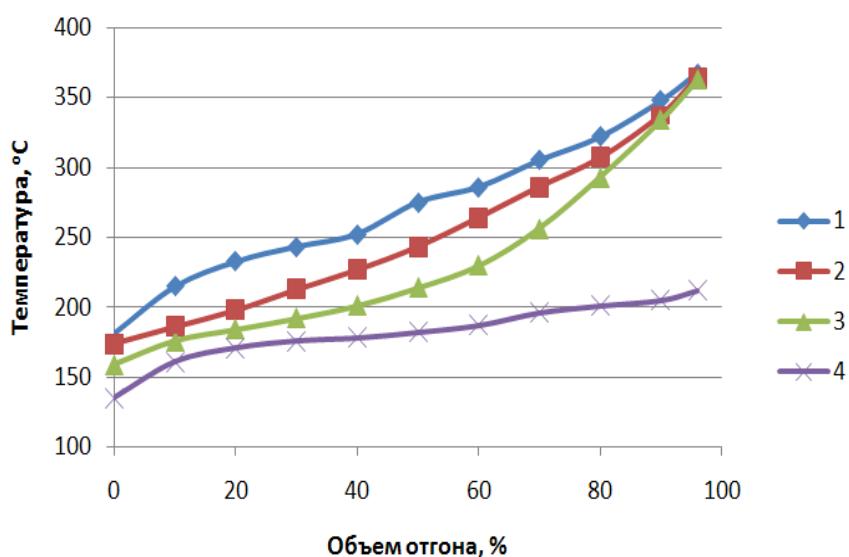


Рис. 4. Кривые Энглера образцов на основе ДТ2 с разным содержанием ТС-1, % об.:  
1 – 0; 2 – 20; 3 – 50; 4 – 100

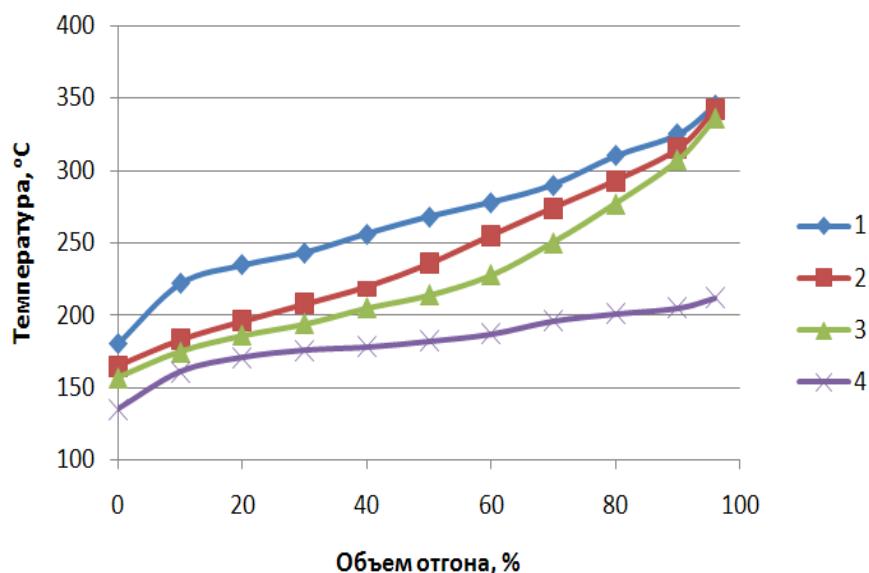


Рис. 5. Кривые Энглера образцов на основе ДТ3 с разным содержанием ТС-1, % об.: 1 – 0; 2 – 30; 3 – 50; 4 – 100

Положительно то, что ТВЗТ всех смесевых образцов отвечает требованиям ДСТУ 3868-99 (не ниже 40 °C), т.е. по этому параметру горючее остается стандартным.

Анализ корреляции между ТВЗТ и  $t_{HK}$  образцов по данным фракционного состава (ФС) показывает, что характер зависимости предопределенается свойствами ДТ (производителем), поскольку для образцов на основе ДТ2 он описывается линейной зависимостью, тогда как для образцов ДТ3 – нелинейной (рис. 7).

Введение ТС-1 в образцы снижает их ПТФ по закону второго порядка (рис. 8).

При этом на топливе ДТ3 достигается уро-

вень требования стандарта по данному параметру (не выше – 15 °C), а на топливе ДТ2 – нет.

Вместе с тем для достижения этого эффекта необходимо вводить в ДТ3 не менее 30 % об. ТС-1.

В табл. 5 представлены результаты контроля параметров  $t_{HK}$  и ТВЗТ смесей ДТ с бензином.

Из приведенных результатов следует, что ТВЗТ всех смесевых образцов не отвечает требованиям ДСТУ 3868-99 (не ниже 40 °C), т.е. применять такое горючее запрещается.

Введение в ДТ1 и ДТ2 ДДП не отражается на плотности, фракционном составе и ТВЗТ исходных ДТ, но изменение ПТФ наблюдается.

Результаты испытаний приведены в табл. 6.

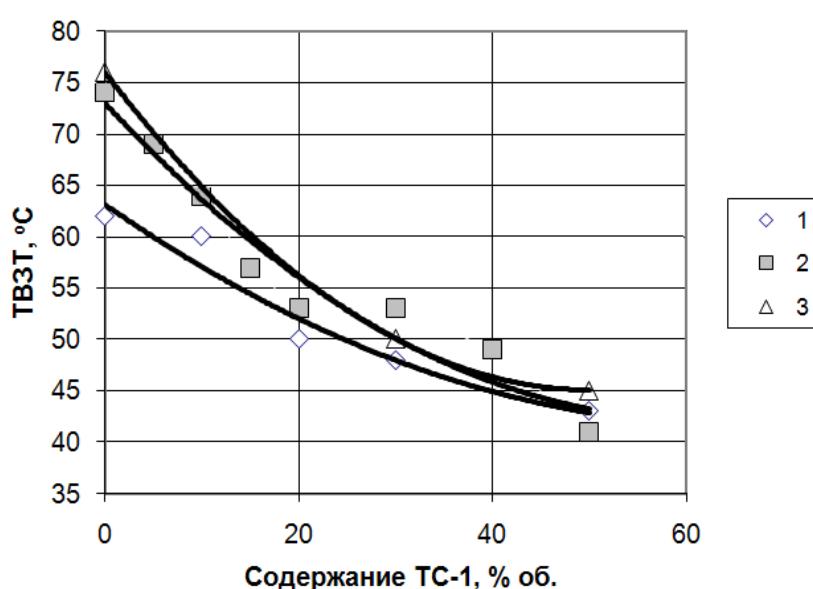


Рис. 6. Зависимость ТВЗТ от содержания ТС-1 для образцов на основе: 1 – ДТ1; 2 – ДТ2; 3 – ДТ3

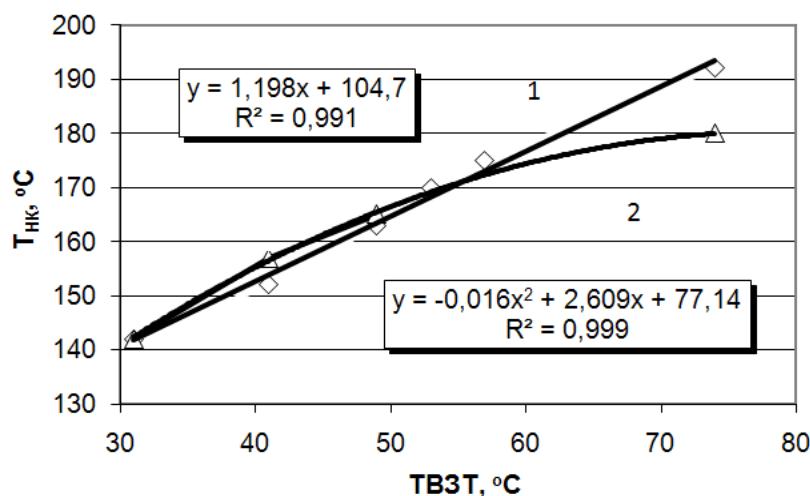


Рис. 7. Взаимосвязь между ТВЗТ и ТНК для образцов на основе: 1 – ДТ2; 2 – ДТ3

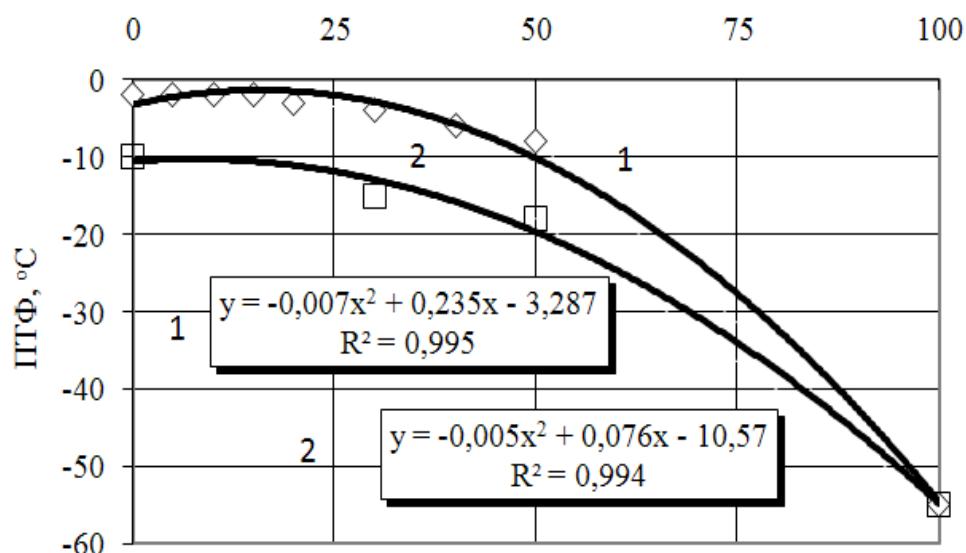


Рис. 8. Зависимость ПТФ от содержания ТС-1 для образцов на основе: 1 – ДТ2; 2 – ДТ3

Табл. 5. Температура начала кипения и ТВЗТ образцов на основе топлива ДТ2, ДТ3 и бензина

№	Образец	$t_{HK}$ , °C	ТВЗТ, °C
1	90 % об. ДТ2 + 10 % об. А-95	169,0	34
2	80 % об. ДТ2 + 20 % об. А-95	125,0	23
3	70 % об. ДТ2 + 30 % об. А-95	105,0	18
4	60 % об. ДТ2 + 40 % об. А-95	87,0	10
5	50 % об. ДТ2 + 50 % об. А-95	68,0	6
6	40 % об. ДТ2 + 60 % об. А-95	61,0	4
7	30 % об. ДТ2 + 70 % об. А-95	56,0	2
8	20 % об. ДТ2 + 80 % об. А-95	51,0	0
9	15 % об. ДТ2 + 85 % об. А-95	49,0	-2
10	10 % об. ДТ2 + 90 % об. А-95	47,0	-4
11	95 % об. ДТ3 + 5 % об. А-92	104,0	23
12	90 % об. ДТ3 + 10 % об. А-92	78,0	18
13	85 % об. ДТ3 + 15 % об. А-92	76,0	7
14	70 % об. ДТ3 + 30 % об. А-92	58,0	4
15	50 % об. ДТ3 + 50 % об. А-92	42,0	-5

Табл. 6. Предельная температура фильтруемости образцов ДТ1 и ДТ2 с добавкой коммерческих депрессорно-диспергирующих присадок

ДТ	ПТФ образцов ДТ без и с соответствующими присадками, °С				
	без ДП	K2 TURBO DFA-39	Hi-Gear	ABRO ANTI-Gel	Wynn's for diesel
ДТ1	-4	-5	-26	-12	-8
ДТ3	-10	-16	-22	-22	-15

Из приведенных результатов следует, что эффективность ДДП предопределяется не только составом (производителем) ДДП, но и составом (производителем) ДТ, в отличие от мнения авторов работы [10]. Например, на ПТФ ДТ1 присадки K2 TURBO DFA-39, Wynn's for diesel и ABRO ANTI-Gel оказывают слабое действие, тогда как их введение в образцы другого производителя позволяет снизить ПТФ до значений, отвечающих требованиям существующих нормативных документов на ДТ.

## Выводы

Таким образом, основываясь на позиции соблюдения стандарта на топливо дизельное по ДСТУ 3868-99, можно утверждать, что улучшение низкотемпературных свойств ДТ при добавлении топлива ТС-1 достижимо. Однако подготовка ДТ к зимнему периоду таким способом нерациональна, поскольку в зависимости от производителя горючего летней марки необходимо добавлять не менее 30 % об. топлива ТС-1 (этот вывод не противоречит опубликованному в литературе [4]), которое дефицитнее и дороже топлива дизельного марки ДТ Л-0,20-62.

Применение бензина для улучшения низкотемпературных свойств топлива дизельного, в отличие от авторов работы [4], нами вообще не приветствуется и отрицается, так как введение бензина в ДТ всегда приводит к образованию смеси, не соответствующей требованиям ДСТУ 3868-99.

Предлагается для улучшения низкотемпературных свойств топлива дизельного марки ДТ Л-0,20-62 использовать ДДП с соблюдением рецептуры и рекомендаций по применению от производителя [11].

Например, хорошие результаты демонстрирует ДДП Hi-Gear, которую можно рекомендовать автолюбителям для получения ДТ марки З из ДТ марки Л, но для выработки остатков горючего из топливного бака автомобиля в случаях резкого понижения температуры окружающей среды. Рекомендация относится к ДТ, приобретенному в регионе.

## Список литературы

- Клементьев, В.Н. Тенденции улучшения качества и низкотемпературных свойств ди-

зельных топлив / В.Н. Клементьев, В.О. Левин // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2015. – №29. – С. 36-40.

- Камешков, А.В. Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами (обзор) / А.В. Камешков, А.А. Гайле // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2015. – №29. – С. 49-60.
- Diemand, D. Automotive Fuels at Low Temperatures // Cold regions technical digest. – No.91-2. – New Hampshire: Cold Regions Research and Engineering Laboratory Hanover, 1991. – 25 р.
- Трофименко, И.Л. Исследование возможности использования летнего дизельного топлива с добавками других топлив в условиях низких температур / И.Л. Трофименко, Н.В. Вепринцев // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. – Новополоцк: ПГУ, 2010. – №8. – С. 179-185.
- Лобашова, М.М. Улучшение качества дизельных и котельных топлив присадками: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.07 / Лобашова Марина Михайловна. – Всерос. науч.-исслед. ин-т по переработке нефти, 2014. – С. 51-81.
- Недайборщ, А.С. Исследование совместимости присадок различного функционального назначения в дизельных топливах ЕВРО: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.07 / Недайборщ Анна Сергеевна. – Всерос. науч.-исслед. ин-т по переработке нефти, 2015. – С. 10-34.
- Иванова, Л.В. Регулирование низкотемпературных свойств нефтяных систем разного уровня сложности: дис. ... доктора хим. наук: 02.00.13 / Иванова Людмила Вячеславовна. – ФГБОУ ВО «Российский гос. ун-т нефти и газа (нац. исследов. ун-т) им. И. М. Губкина 2016. – С. 61-75, 127-142.
- Phozilov, S.F. The Syntheses Heterocyclic Airwaves Polimetakryl Acids and Study of the Influence upon Low Temperature Characteristic of Diesel Gas / S.F. Phozilov, B.F. Pulatova // International Journal of Chemical and Physical Sciences. – 2015. – №6. – Vol.4. – P. 18-21.
- Kemalov, A.F. Development of the composition of depressor-dispersant additives for petroleum fuels / A.F. Kemalov [et al.] // Life Science Journal. – 2014. – 11(12s). – P. 461-465.

10. Baczewski, K. Experimental testing of influence of commercial depressants on diesel fuels low temperature properties / K. Baczewski, P. Szczawiński, M. Kamińska // Journal of KONES. Powertrain and Transport. – 2015. – No.1. – Vol.22. – P. 7-14.
11. Лозинский, Н.С. Оценка эффективности действия коммерческих депрессорных при-

садок на предельную температуру фильтруемости топлива дизельного летних марок // Современные проблемы гуманитарных и естественных наук: III Респ. науч.-практ. интернет-конф. (28-29 ноября 2017, г. Донецк): тез. докл. №2. – Донецк: ДонНУЭТ имени Михаила Туган-Барановского, 2017. – С. 36-38.

**E.N. Lozynskyy**

*Donetsk Polytechnic College (Donetsk)*

**N.S. Lozynskyy /Cand. Sci. (Eng.)/**

*L.M. Litvinenko Institute of Physic-Organic Chemistry and Carbon Chemistry (Donetsk)*

### ON IMPROVEMENT OF LOW-TEMPERATURE FUELS OF DIESEL JET ENGINE FUEL, GASOLINE OR COMMERCIAL DEPRESSOR-DISPERSING ADDITIVES

**Background.** A review of the literature devoted to improving the low-temperature properties of diesel fuels performed. The methods available to motorists are: mixing with fuels that have the best low-temperature properties or modified by depressant-dispersant additives.

**Materials and/or methods.** The objects of research: diesel fuel of the summer brand produced by two different manufacturers; jet engine fuel, gasoline and commercial depressor-dispersing additives. The character of the change in density, fractional composition, flashpoint in a closed crucible, and the cold filter plugging point from the amount of additive studied.

**Results.** The suitability of the method evaluated by the criterion of compliance with the diesel fuel standard of the resulting mixture or modified product. When diesel fuel and jet engine fuel mixed, the density of the samples decreases, the fractional composition, flashpoint in the closed crucible and the cold filter plugging point approach the corresponding parameters of the added component. However, it is not for every diesel fuel producer that compliance with the standard achieved with the latest parameter, and if achieved, is starting with the introduction of more than 30 % of the additive volume. The use of a mixture of diesel fuel with gasoline is not applicable. The introduction of commercial depressant-dispersing additives into diesel fuels does not affect the density, fractional composition, and flashpoint in the closed crucible, the starting materials, but improves their cold filter plugging point. The effectiveness of commercial depressant-dispersing additives depends on the diesel fuel producer.

**Conclusion.** Recommended lowering the cold filter plugging point by modifying with a depressant-dispersing additive and refraining from diluting diesel fuel with jet engine fuel and in no case by gasoline.

**Keywords:** fuel diesel, jet engine fuel, gasoline, depressor-dispersing additives.

#### Сведения об авторах

**Е.Н. Лозинский**

Телефон: +380 (99) 469-21-44

Эл. почта: plozav@mail.ru

**Н.С. Лозинский**

SPIN-код: 6060-9575

Author ID: 638770

ORCID iD: 0000-0001-6119-6359

Телефон: +380 (71) 416-80-93, +380 (66) 574-25-08

Эл. почта: lozinsky58@mail.ru

Статья поступила 14.06. 2018 г.

© Е.Н. Лозинский, Н.С. Лозинский, 2018

Рецензент к.т.н., доц. И.Г. Дедовец