

## ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК: 665.7.038.64

DOI 10.52928/2070-1616-2024-50-2-102-108

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСШИХ ЖИРНЫХ СПИРТОВ  
НА ОСНОВЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА  
И АНАЛИЗ ИХ СМАЗЫВАЮЩИХ СВОЙСТВ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ*д-р техн. наук, проф. С.Ф. ФОЗИЛОВ, А.И. ЗОИРОВА, канд. техн. наук Х.С. ФОЗИЛОВ*  
(Бухарский инженерно-технологический институт)*акад. С.М. ТУРОБЖОНОВ**(Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова)*

В настоящее время внимание нефтегазовой отрасли всего мира направлено на развитие производства дизельного топлива с улучшенными экологическими характеристиками, содержащего минимальное количество серы и ароматических углеводородов.

Выдвинутой нами гипотеза, что в небольших концентрациях растительное масло может улучшить смазывающие свойства топлива, подтвердилась. Для эксперимента было отобрано собственное летнее дизельное топливо Eсо L 0,00-62, изготовленное на Бухарском НПЗ на основе стандартных требований DST 1134:2018, и масло растительное (подсолнечное), произведенное на основе собственных требований DST 2438:2018 в ООО «ЕВРОСНАР». Проведенные эксперименты показали, что добавление растительного масла улучшает смазывающие свойства дизельного топлива, даже не соответствующего ГОСТ 6370-2018<sup>1</sup> по данному параметру; в процентном соотношении  $\delta$  к дизельному топливу почти линейно уменьшает диаметр шара от царапины. В результате исследований получено искомое уравнение зависимости.

**Ключевые слова:** дизельное топливо, присадки, масло, царапина, эффективность, свойства, сера.

**Введение.** Сегодня в мире большое место отводится развитию передовых инновационных технологий, стабилизации и опережающему развитию нефтегазовой отрасли. Достигнуты определенные результаты в создании технологии получения присадок, улучшающих смазывающие свойства дизельного топлива.

С обретением Узбекистаном независимости и началом экономических реформ начался новый этап в развитии нефтяной и газовой промышленности республики. Проект модернизации и реконструкции Бухарского нефтеперерабатывающего завода был направлен на повышение качества нефтепродуктов от требований Евро-2 до требований экологического стандарта Евро-5 и увеличение глубины переработки сырья с 79% до 95%. После модернизации, когда общее количество серы в составе произведенного дизельного топлива уменьшилось с 50 ppm до 10 ppm, резко снизились его смазочные свойства.

Одна из актуальных проблем сегодня – производство импортозамещающих multifunctional присадок с использованием местного вторичного сырья для улучшения смазочных свойств дизельного топлива.

**Основная часть.** На основе высших жирных спиртов производятся различные смазывающие присадки к топливам. К их числу относятся полимерные эфиры метакриловой, дитиофосфорной и других органических и неорганических кислот. Сложные эфиры спиртов C<sub>7</sub>-C<sub>9</sub> и метакриловой кислоты в свою очередь служат основой для получения вязкостных, депрессорных и смазывающих присадок к дизельным топливам и маслам. Одним из видов загущающих присадок являются полимеризаты сложных эфиров метакриловой кислоты и одноатомных спиртов (молекулярный вес полимеров от 5 000 до 20 000).

В дизельном топливе (ДТ Евро-5) содержание серы по норме ГОСТ 6370<sup>1</sup> не более 10 мг/кг, содержание углеводородов также соответствует требованиям данного стандарта. При работе двигателя на таком топливе уменьшаются его шум и вибрация, облегчается запуск двигателя, снижается расход топлива. Это топливо предназначено для предотвращения преждевременного износа деталей двигателя. Оно экологично; низкое содержание углеводородов и серы снижает выброс продуктов сгорания в атмосферу.

Результаты испытаний смазочных присадок для дизельных двигателей представлены в таблице 1.

– ASTM D использует HFRR для измерения смазывающей способности дизельного топлива с высоким значением 520 мкм (ASTM D 6079)<sup>2</sup>;

– HFRR в качестве эталонного метода и ISO приняты для определения смазывающей способности не более 460 мкм (ISO 12156-1)<sup>3</sup>;

– рекомендуется HFRR менее 460 мкм SAE (на основе ASTM D 6079).

<sup>1</sup> ГОСТ 6370-2018 Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей. – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.

<sup>2</sup> СТ РК АСТМ Д 6079-2010 Метод определения смазывающей способности дизельных топлив = Standard test method for evaluating lubricity of diesel fuels by the high-frequency reciprocating rig (HFRR), IDT). – Астана: Госстандарт, 2010. – 15 с.

<sup>3</sup> ГОСТ ISO 12156-1-2012 Топливо дизельное. Определение смазывающей способности на аппарате HFRR. Ч. 1. Метод испытаний (ISO 12156-1:2006, IDT). – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.

Согласно договоренности между FIE и производителями, смазывающую способность топлива следует измерять с помощью теста HFRR, приведенного в ISO 12156-1<sup>4</sup>, для определения диаметра пятна размазывания менее 460 мкм.

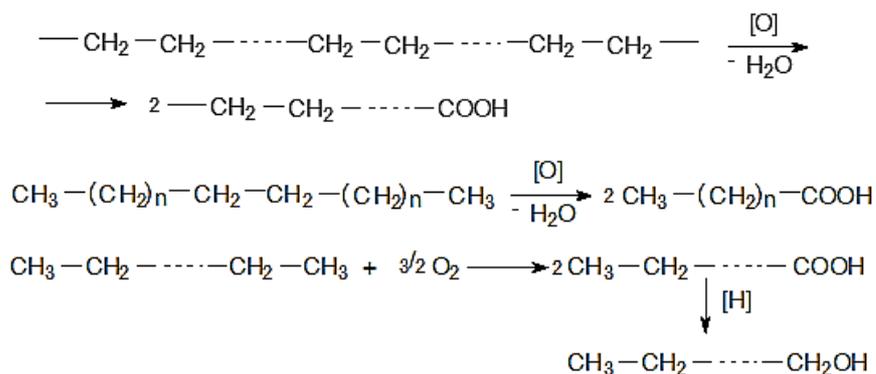
Таблица 1. – Результаты испытаний смазочных материалов для дизельного топлива БНПЗ

Название образцов	Количество присадки, %	Норма по стандарту	Диаметр пятна износа, мкм
Евро-5 дизельное топливо Образец 1 (без добавления присадки)	0,0163	ASTM D высший показатель 520 мкм	520
Образец 2 (с добавлением присадки)	0,0163	по ИСО 460 мкм	460
Образец 3 (с добавлением присадки)	0,0163	по CAE 460 мкм	465

Как известно, высшие жирные спирты синтезируют разными способами на базе нефтехимического сырья и методом восстановления карбоновых кислот, выделенных из природных жиров.

Метод получения жирных спиртов гидрированием продуктов окисления низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ) осуществляли следующим образом: НМПЭ окисляли кислородом воздуха; промывали; затем оксидант гидрогенизовали на цинкхромовом катализаторе и разделяли гидрогенизат на две фракции. Гидрогенизат первой фракции подвергали этерификации борной кислотой, далее углеводороды отгоняли от боратов, промывали и возвращали на окисление. Бораты гидролизовали водой, борную кислоту регенеровали, спирты подвергали гидроочистке на меднохромовом катализаторах. Затем спирты ректифицировали на 5 фракций. Выход первичных спиртов достигал 97–99 %.

В лабораторных условиях синтетические жирные спирты получали с помощью катализаторов окисления нефтяных отходов низкомолекулярного полиэтилена при 100–106 °С кислородом. Затем гидрированием получали жирные спирты. Данный процесс протекал по следующей схеме:



При окислении разрывы молекулы парафина происходят в разных местах, поэтому в итоге получается смесь жирных кислот с различным числом углеродных атомов. Далее полученную смесь перегоняли на дефлегмационной колонке для выделения узкой фракции. Для приготовления присадок, улучшающих качество дизельного топлива, применяли две фракции: C<sub>10</sub>-C<sub>16</sub> и C<sub>17</sub>-C<sub>20</sub>, соответственно.

Топливная карта мира предлагает использовать HFRR с верхним пределом 400 мкм. Основные показатели дизельного топлива Евро-5 по ГОСТ P52368<sup>5</sup> показаны в таблице 2.

Таблица 2. – Основные показатели дизельного топлива (ДТ Евро-5)

Обозначение спецификации	Значения
<i>1</i>	<i>2</i>
Количество цетана, не меньше	51
Для 1 класса	49
Индексы цетана, не меньше	46
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	820–845
Плотность при 15 °С для класса 1, кг/м <sup>3</sup>	800–845

<sup>4</sup> ГОСТ ISO 12156-1-2012 Топливо дизельное. Определение смазывающей способности на аппарате HFRR. Ч. 1. Метод испытаний (ISO 12156-1:2006, IDT). – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.

<sup>5</sup> ГОСТ P52368-2005 (ЕН 590:2004) Топливо дизельное Евро. Технические условия. = EN 590:2004 Automotive fuels – Diesel – Requirements and test methods (MOD). – М.: Стандартинформ, 2009. – 42 с.

Окончание таблицы 2

1	2
Полисахаридные ароматические углеводороды, % (по массе), не более	11
Содержание серы в топливе, мг/кг, не более	10
Температура воспламенения в закрытом тигле, °С	55
Коксуемость, при вспышке 10%-ая остаточная коксуемость, % (по массе), не более	0,30
Использование, % (по массе), не более	0,01
Количество воды, мг/кг, не более	200
Общее загрязнение, мг/кг, не более	24
Коррозия медной пластины (3 °С при 50 °С), класс по степени	1 класс
Стойкость к окислению, г/м <sup>3</sup> , не более	25
Смазывающая способность: диаметр пятна при 60 °С, мкм, не более	460
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	2–4,5
Кинематическая вязкость при 40 °С для класса 1, мм <sup>2</sup> /с	1,5–4

Физико-химические свойства дизельного топлива с добавлением смазочной присадки представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Физико-химические свойства дизельного топлива с добавлением смазочных присадок

Присадки	Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	Кинематическая муфта при 40 °С	Температура застывания, °С	Содержание серы, ppm	Температура воспламенения, °С	Диаметр пятна, мкм
Зарубежная присадка	–	–	–	–	–	186
Образец 1	0,835	2,83	–12	9	80	195
Образец 2	0,837	3,02	–13	10	80	113
Образец 3	0,840	3,29	–13	33	81	133
ГОСТ Р52368	0,816–0,8417	2,00–4,50		10	55	<460

Таким образом, предлагаемая синтетика позволяет получить экологически чистое дизельное топливо с улучшенной смазкой и низким содержанием серы из высокомолекулярных спиртов и присадок.

Как видно, смазывающая способность по методу ASTM Д 6079<sup>6</sup> при добавлении в дизельное топливо 0,0163% синтезированных смазочных присадок улучшается. Диаметр пятна износа равен 400 мкм в образце 3 при 60 °С, что соответствует требованиям стандарта.

*Влияние растительных масел на смазывающие свойства дизельного топлива.* Требования к качеству дизельного топлива постоянно ужесточаются с целью повышения экологической безопасности, снижения дымности и токсичности выхлопных газов дизельных двигателей.

Одним из общепризнанных способов снижения воздействия дизельных двигателей на окружающую среду считается использование нетрадиционных моторных топлив, в т.ч. природного происхождения, например, растительных масел и их производных. Во многих отраслях промышленности существует потребность в таких присадках. Однако здесь возникают трудности, препятствующие их широкому применению в высоких концентрациях: с одной стороны, высокая стоимость, с другой – ухудшение их низкотемпературных свойств и уменьшение количества цетанового числа.

Еще одно требование, предъявляемое к дизельному топливу, – снижение содержания в нем серы. При этом топлива с низким содержанием серы должны содержать присадки, улучшающие смазывающие свойства.

Однако некоторые исследователи отмечают, что показатели качества топлива могут отличаться на разных заправочных станциях. В частности, несоответствие установленным требованиям к свойствам смазки-ИИ существенно влияет на ресурс системы подачи топлива дизельного двигателя, в первую очередь системы Common Rail. Этот факт приводит к ухудшению экологических характеристик двигателей, а также к увеличению эксплуатационных расходов.

В связи с вышесказанным нами была выдвинута гипотеза, что в небольших концентрациях растительное масло может улучшить смазывающие свойства топлива.

Попытки применения масел в качестве добавки для улучшения смазочных свойств уже предпринимались, но в этих работах применялись и другие методы, не соответствующие стандарту ГОСТ ISO 12156-1-2012<sup>7</sup>. В большинстве исследований отмечалось положительное влияние эфиров растительных масел на смазывающие свойства топлив, но высокая стоимость эфиров и ограниченность распространения эфиров мало привлекали к использованию в эксплуатации.

<sup>6</sup> СТ РК АСТМ Д 6079-2010 Метод определения смазывающей способности дизельных топлив = Standard test method for evaluating lubricity of diesel fuels by the high-frequency reciprocating rig (HFRR), IDT). – Астана: Госстандарт, 2010. – 15 с.

<sup>7</sup> ГОСТ ISO 12156-1-2012 Топливо дизельное. Определение смазывающей способности на аппарате HFRR. Ч. 1. Метод испытаний (ISO 12156-1:2006, IDT). – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.

Для эксперимента было отобрано собственное летнее дизельное топливо Eco L 0,00-62, изготовленное на Бухарском НПЗ на основе стандартных требований DST 1134:2018, и масло растительное (подсолнечное), произведенное на основе собственных требований DST 2438:2018 в ООО «ЕВРОСНАР».

В экспериментах использовано 6 образцов топлива с объемным содержанием растительного масла 0–25% в смеси. Причина, по которой остановились на этом диапазоне изменения концентрации масла, заключается в том, что дальнейшее увеличение содержания масла в топливе существенно влияет на рабочий процесс двигателя, т.е. на эффективность работы и жесткость.

Во время испытаний в топливо (смесь) погружали 3 специально подготовленные пластины, шлифованные до зеркального оттенка, и подвергали двусторонней обработке. Также были выбраны 6 металлических шариков диаметром 6 мм.

Очистка поверхностей до и после испытаний проводилась с использованием обезжиривателя. Перед тем, как впрыскивать топливо в устройство для исследования, топливо измерялось с помощью медицинской экспериментальной пипетки.

Топливо, залитое в агрегат, изначально нагревалось до температуры 60 °С. Эта температура поддерживалась для каждого образца топлива на протяжении всего исследования.

Процесс высокочастотного (50 Гц, амплитуда 1 мм) поступательного/обратного движения шарика по пластине, расположенной на дне ванны топливного устройства по ГОСТ 12156-1-2012<sup>8</sup>, длился 75 мин (каждый тест). По истечению времени испытаний топливо Sinalma и пара шарик–пластина заменялись на другой образец.

После очистки шарика и пластины обезжиривателем их упаковывали отдельно, шрамы от царапин анализировали под микроскопом.

Результаты испытаний эксплуатационных свойств дизельной топливной смеси, приготовленной с добавлением подсолнечного масла в качестве смазочной добавки, приведены в таблице 4.

Таблица 4. – Примеры дизельных топливных смесей, приготовленных с добавлением растительного масла

Образцы	Количество дизельного топлива		Количество растительного масла		Общий объем смеси мл
	%	мл	%	мл	
Образец 1	100	40	0	0	40
Образец 2	95	38	5	2	40
Образец 3	90	36	10	4	40
Образец 4	85	34	15	6	40
Образец 5	80	32	20	8	40
Образец 6	75	30	25	10	40

При анализе смазывающих свойств дизельного топлива, приготовленного с добавлением 12,79% растительного масла, было установлено, что диаметр царапины равен 400 мкм в образце 3 при 60 °С и соответствует стандартному требованию смазывающей способности по методу ASTM D 6079<sup>9</sup>.

Для визуальной оценки шрамов от царапин и измерения их размера использовался микроскоп модели Tourcammodel с цифровой камерой UCMOS 09000 КРВ (рисунок 1). Максимальное разрешение камеры составляет 3488×2616 (около 9 000 000 пикселей). Размер пикселя – 1,67 мкм×1,67 мкм, а очень высокая чувствительность позволяет детально рассмотреть царапины.

Камера подключается к персональному компьютеру с интерфейсом USB. Для просмотра цифрового изображения с камеры на персональном компьютере установлена специальная программа Poqview. Обычно шрам от царапин представляет собой совокупность нескольких царапин, которые образуются в направлении движения шара. Они будут намного больше в направлении оси абсцисс по сравнению с направлением оси ординат.

В некоторых случаях, например, при тестировании эталонных жидкостей с небольшой смазывающей способностью, шрамы от царапин, а также границы непрозрачной поверхности шрама от царапин ярко выделяются, и точные размеры шрама могут быть легко измерены. В других случаях центральная соскобленная часть шрама окружена менее выраженной областью износа с нечеткой поверхностью царапин, а граница между поверхностью с царапинами и поверхностью без царапин на шаре не видна. Некоррелированный средний диаметр шрама от царапины MWSD, мкм, рассчитывается по формуле

$$MWSD = \frac{x + y}{2},$$

где  $x$  – размер шрама от царапины, перпендикулярной возвратно-поступательному движению, мкм;  
 $y$  – размер шрама от царапины, параллельной возвратно-поступательному движению, мкм.

<sup>8</sup> ГОСТ ISO 12156-1-2012 Топливо дизельное. Определение смазывающей способности на аппарате HFRR. Ч. 1. Метод испытаний (ISO 12156-1:2006, IDT). – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.

<sup>9</sup> СТ РК АСТМ Д 6079-2010 Метод определения смазывающей способности дизельных топлив = Standard test method for evaluating lubricity of diesel fuels by the high-frequency reciprocating rig (HFRR), IDT). – Астана: Госстандарт, 2010. – 15 с.



Рисунок 1. – Цифровой микроскоп Tourcammodel

Впоследствии диаметр шрама от царапин корректировали в соответствии с требованиями ГОСТ 12156-1-2012<sup>10</sup> с учетом абсолютного давления насыщенных паров, влажности и температуры окружающей среды в момент начала и окончания испытания.

На рисунке 2 показаны изображения царапин от сфер, сделанные с помощью цифрового микроскопа с микроскопа на модели Tourcammodel. Для удобства на картинке сразу указываются размеры пятен.

Расчет корректируемого диаметра шрамов от царапин первого шара производился с учетом следующих данных: температура окружающего воздуха  $t = 25$  °С, влажность  $RH = 39\%$ .

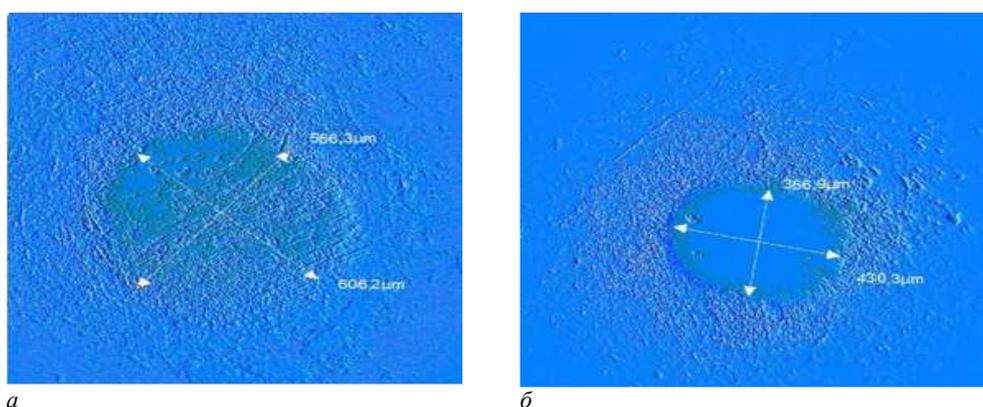


Рисунок 2. – Шариковые царапины на чистом дизельном топливе (а) без добавок и на дизельном топливе (б), приготовленном с добавлением 10% растительного масла по объему

Средний диаметр некоррелированного шрама от царапин  $MWSD$  определялся как

$$MWSD = \frac{606,2 + 566,3}{2} = 586,25 \text{ мкм},$$

$$v = 8,017352 - \frac{1705,984}{231,864 + 25} = 1,376 \text{ мкм}.$$

Абсолютное давление насыщенного пара в начале (конце) испытания.

$$AVP_1 = \frac{39 \cdot 10^{1,376}}{750} = 1,236.$$

Результаты расчетов суммируются в таблице 5.

Принимаем коэффициент коррекции влажности  $HCF$  равным 60. Тогда

$$WS_{1,4} = 586,25 + 60(1,376 - 1,236) = 594,65 \text{ мкм}.$$

При анализе сфер под микроскопом температура и влажность окружающего воздуха не менялись. Расчеты для других сфер аналогичны.

$$WS_{1,4} = 579,38 - 13,653 \cdot \delta (R^2 = 0,96).$$

<sup>10</sup> ГОСТ ISO 12156-1-2012 Топливо дизельное. Определение смазывающей способности на аппарате HFRR. Ч. 1. Метод испытаний (ISO 12156-1:2006, IDT). – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с

Таблица 5. – Результаты измерений шрамов от царапин и расчетов скорректированных значений диаметров пятен

№	Масло, %	x, мкм	y, мкм	MWSD, мкм	$RH_1 = RH_2$ , %	$t_1 = t_2$ , °C	v	$AVP_1 = AVP_2$	WS1.4, мкм
1	0	606,2	566,3	586,25	39	25	1,376	1,236	594,65
2	5	495,7	485,1	489,9	39	25	1,376	1,236	498,3
3	10	466,3	382,9	422	39	25	1,376	1,236	430,4
4	15	358,1	298,6	315,25	39	25	1,376	1,236	323,65
5	20	345,6	325,8	330,05	39	25	1,376	1,236	338,45
6	25	288,2	163,4	220,5	39	25	1,376	1,236	228,9

По результатам расчетов был составлен график зависимости диаметра шаровой царапины от содержания масла в дизельном топливе (рисунок 3). График задается линейным уравнением линии тренда и коэффициентом надежности аппроксимации  $R^2$ .

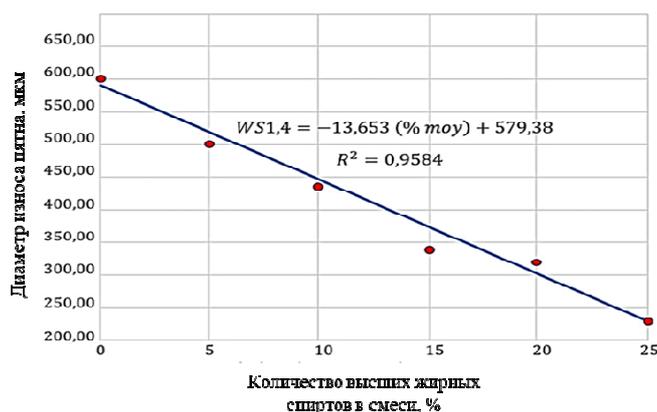


Рисунок 3. – График зависимости диаметра износа пятна шарика от количества синтезированной присадки в дизельном топливе

**Заключение.** Синтез высших жирных спиртов на основе использования местного вторичного сырья, при добавке которых улучшаются смазывающие и вязкостные свойства дизельного топлива, на данный момент считается актуальной темой. Исходя из этого приоритетной задачей остается получение таких спиртов, которые можно использовать в качестве присадок для дизельных топлив. Таким образом, ввод полученных нами из высших жирных спиртов присадок в дизельное топливо приводит к улучшению физико-химических свойств.

На основе проведенных исследований сделано заключение о перспективности и целесообразности анализа смазывающих и эксплуатационных свойств синтезированных присадок.

1. Качество дизельного топлива, реализуемого на АЗС, может не отвечать требованиям по параметрам смазочных свойств. В частности, на образце Sinalma диаметр царапин в 1,3 раза больше значения, установленного в ГОСТ ISO 12156-1-2012<sup>11</sup>.

2. Добавление растительного масла улучшает смазывающие свойства дизельного топлива, даже не соответствующего ГОСТ 6370-2018<sup>12</sup> по данному параметру.

3. Проведенные эксперименты показывают, что добавление растительного масла в процентном соотношении  $\delta$  к дизельному топливу почти линейно уменьшает диаметр шрама от царапин. В результате исследований было получено уравнение зависимости.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей: справ. изд. – М.: Химия, 2000. – 232 с.
2. Данилов А.М. Присадки к топливам // Химия и технология топлив и масел. – 2007. – № 2. – С. 47–56.
3. Данилов А.М. Присадки к топливам, используемые в России // Мир нефтепродуктов. – 2004. – № 2. – С. 2–6.
4. Данилов А.М. Разработка и применение присадок к топливам в 2006–2010 гг.: аналитический обзор // Химия и технология топлив и масел. – 2011. – № 6. – С. 41–45.
5. Дизельные топлива и присадки, допущенные к применению в 2001–2004 гг. / Т.М. Митусова, Е.Е. Сафонова, Г.А. Брагина и др. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2006. – № 1. – С. 12–19.
6. Противозносные присадки в дизельное топливо и их развитие / Х.С. Фозилов, А.С. Мавлонова, Ш.Ф. Хамроев и др. // Sanoat injeneriyasining dolzarb muammolari: respublika ilmiy-amaliy anjumani / Buxoro (20–22 okt. 2021 yil.). – S. 376–377.

<sup>11</sup> ГОСТ ISO 12156-1-2012 Топливо дизельное. Определение смазывающей способности на аппарате HFRR. Ч. 1. Метод испытаний. – М.: Стандартинформ, 2019. – 21 с.

<sup>12</sup> ГОСТ 6370-2018 Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей. – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.

7. Получение и изучение высших жирных спиртов и их применение в нефтехимической промышленности. «Universum: технические науки» / Х.С. Фозилов, М.З. Шарипов, С.Ф. Фозилов др. // *Universum: Technical sciences.* – 2021. – № 11(92). – Ч. 4. – С. 97–100. DOI: 10.32743/UniTech.2021.92.11.12559
8. Фозилов Х.С. Нормал парафин углеводородларни оксидаб юкори ёғ спиртлари олиш ва уларни дизель ёқилғисининг физик-кимёвий хоссаларини яхшилашда қўллаш // *Фан ва технологиялар тараққиёти. Илмий техникавий журнал.* – 2021. – № 1. – С. 110–115.
9. Синтез и изучение высших жирных спиртов на основе промышленных отходов и их применение для улучшения свойств дизельных топлив / О.Б. Ахмедова, М.З. Комилов, С.Ф. Фозилов и др. // *Universum: технические науки.* – 2020. – № 2(71). – Ч. 2. – С. 75–78.
10. Противозносные присадки в дизельное топливо и их развитие / С.Ф. Фозилов, А.С. Мавлонова, Х.С. Фозилов и др. // *Sanoat injeneriyasining dolzarb muammolari: respublika ilmiy-amaliy anjumani.* – 2021. – S. 376–377.
11. Фозилов Х.С., Туробжонов С.М., Фозилов С.Ф. Синтез высших жирных спиртов из парафинов для улучшения смазывающие свойства дизельных топлив // *Назарий ва экспериментал кимё ҳамда кимёвий технологиянинг замонавий муаммолари: Халқаро илмий-амалий анжумани материаллари / Карши (20 окт. 2023 yil.).* – S. 413–415.

## REFERENCES

1. Danilov, A.M. (2000). *Primenenie prisadok v toplivakh dlya avtomobilei: spravochnoe izdanie.* – Moscow: Khimiya. (In Russ.)
2. Danilov, A.M. (2007). Prisadki k toplivam. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel [Chemistry and Technology of Fuels and Oils]*, (7), 47–56. (In Russ.)
3. Danilov, A.M. (2004). Prisadki k toplivam, ispol'zuemye v Rossii. *Mir nefteproduktov [World of Petroleum Products]*, (2), 2–6. (In Russ.)
4. Danilov, A.M. (2011). Razrabotka i primeneniye prisadok k toplivam v 2006–2010 gg.: analiticheskii obzor. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel [Chemistry and Technology of Fuels and Oils]*, (6), 41–45. (In Russ.)
5. Mitusova, T.M., Safonova, E.E., Bragina, G.A. & Barmina, L.V. (2006). Dizel'nye topliva i prisadki, dopushchennyye k primeniyu v 2001–2004 gg. *Neftepererabotka i neftekhimiya*, (1), 12–19. (In Russ.)
6. Fozilov, Kh.S., Mavlonova, A.S., Xamroev, Sh.F., Rakhimova, M.R. & Fozilov, S.F. (2021). Protivoiznosnye prisadki v dizel'noe toplivo i ikh razvitiye. *Sanoat injeneriyasining dolzarb muammolari: respublika ilmiy-amaliy anjumani* (Bukhara, 20–22 okt. 2021 yil), 376–377. (In Russ., in Uzbek)
7. Fozilov, X.S., Sharipov, M.Z., Fozilov, S.F., Mavlonov, B.A. & Faibullaeva, A.F. (2021). Poluchenie i izuchenie vysshikh zhirnykh spirtov i ikh primeneniye v neftekhimicheskoi promyshlennosti [Obtaining and Studying Higher Fatty Alcohols and their Application in the Petrochemical Industry]. *Universum: tekhnicheskie nauki*, 11(92), ch. 4, 97–100. (In Russ., abstr. in Engl.) DOI: 10.32743/UniTech.2021.92.11.12559
8. Fozilov, S.F. (2021). Normal paraffin hydrocarbons oxidlab yukori eg spirtlari olish va ularni diesel ekilgisining physici-st-kimeviy hossalari ni yahshilashda kyllash. *Fan va tekhnologiyalar tarakkiet i. Ilmiy teknikaviy magazine*, (1), 110–115. (In Russ., in Uzbek)
9. Akhmedova, O.B., Komilov, M.Z., Fozilov, S.F., Mavlonov, Sh.B., Razhabov, S.Kh., Tursunov, A.S. & Ergasheva, Kh. (2020). Sintez i izuchenie vys-shikh zhirnykh spirtov na osnove promyshlennykh otkhodov i ikh priminenie dlya uluchsheni-ya svoistv dizel'nykh topliv [The Synthesis and Study of Higher Fatty Alcohol Based on Factory Waste and their Use for Property Improvement of Diesel Oil]. *Universum: tekhnicheskie nauki*, 2(71), ch. 2, 75–78. (In Russ., abstr. in Engl.)
10. Fozilov, Kh.S., Mavlonova, A.S., Fozilov, X.S., Xamroev, Sh.F. & Rakhimova M.R. (2021). Protivoiznosnye prisadki v dizel'noe toplivo i ikh razvitiye. *Sanoat injeneriyasining dolzarb muammolari: respublika ilmiy-amaliy anjumani*, 376–377. (In Russ., in Uzbek)
11. Fozilov, H.S., Turobzhonov, S.M. & Fozilov, S.F. (2023). Synthesis of higher fatty alcohols from paraffins to improve the lubricating properties of diesel fuels // *Nazari va experimental kimeamda kimeviy tekhnologiyaning zamonaviy muam-molari: Khalkaro ilmiy-amali anjumani materialari / Karshi (20 okt. 2023 yil.),* 413–415.

Поступила 15.07.2024

**PRODUCTION OF HIGHER FATTY ALCOHOLS  
BASED ON LOW MOLECULAR WEIGHT POLYETHYLENE  
AND ANALYSIS OF THEIR LUBRICATING PROPERTIES FOR DIESEL FUELS**

**S. FOZILOV, A. ZOIROVA, Kh. FOZILOV  
(Bukhara Engineering-Technological Institute)  
S. TUROBZHONOV**

**(Tashkent State Technical University Named after Islam Karimov)**

Currently, the attention of the oil and gas industry around the world is focused on the development of diesel fuel production with improved environmental characteristics, containing a minimum amount of sulfur and aromatic hydrocarbons. Our hypothesis that in small concentrations vegetable oil can improve the lubricating properties of fuel was confirmed. For the experiment, our own summer diesel fuel Eco L 0.00-62, manufactured at the Bukhara Oil Refinery based on the standard requirements DST 1134:2018, and vegetable oil (sunflower) produced based on our own requirements DST 2438:2018 at EUROSINAR LLC were selected. The experiments showed that the addition of vegetable oil improves the lubricating properties of diesel fuel, even if it does not meet GOST 6370-2018 for this parameter; in percentage terms  $\delta$  to diesel fuel, it almost linearly reduces the diameter of the scratch scar. As a result of the research, the desired equation of dependence was obtained.

**Keywords:** diesel fuel, additives, oil, scratch, efficiency, properties, sulfur.