

УДК 665.62.5/753.4

**УЛУЧШЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ  
ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

**IMPROVEMENT OF LOW-TEMPERATURE PROPERTIES  
DIESEL FUEL**

**Д.Ф. Осипенко, Е.В. Грохотова,  
Г.М. Сидоров, Э.Н. Фатхутдинова**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа, Российская Федерация**

**Danil F. Osipenko, Ekaterina V. Grokhotova,  
Georgiy M. Sidorov, Eliza N. Fatkhutdinova**

**Ufa State Petroleum Technological University,  
Ufa, Russian Federation**

**e-mail: osipenko.danil@yandex.by**

**Аннотация.** Северные регионы России характеризуются суровыми климатическими условиями, поэтому нужно обеспечить их дизельным топливом с улучшенными низкотемпературными свойствами. Топливо с необходимыми параметрами должно соответствовать ГОСТ 32511-2013. Одним из важных параметров данного стандарта является предельная температура фильтруемости (ПТФ). ПТФ определяется на приборе ПТФ-ЛАБ-12 по ГОСТ 22254-92, ГОСТ Р 54269-2010 и ASTM D 6371. Данный прибор определяет температуру, при которой топливо не способно проходить через фильтр из-за выделившихся кристаллов парафинов. В настоящее время на рынке дизельного наблюдается недостаток качественного зимнего и арктического дизельного топлив. Необходимость в данных топливах составляет 40 % от общего количества потребления. На

российских нефтеперерабатывающих заводах производится в большей степени летнее дизельное топливо (82,0 %), зимнего в 5 раз меньше (15,8 %), а арктического составляет всего 2,2 % от объема производства. Одним из способов улучшения низкотемпературных свойств является добавление депрессорно-диспергирующих присадок. Для проведения экспериментов депрессорно-диспергирующая присадка АддиТОП ДДП была введена в гидроочищенное дизельное топливо, а депрессорные присадки СОНПАР-5601 марки А и марки С вводили в межсезонное дизельное топливо. По полученным результатам в ходе эксперимента были сделаны выводы об изменении характеристики предельной температуры фильтруемости дизельного топлива после добавления присадок. Исследования показали, что при добавлении в межсезонное дизельное топливо присадки позволяют добиться улучшения низкотемпературных свойств по ГОСТ 32511-2013 с сорта Е до сорта F (0 класс). Лучше всего с этой задачей справляется присадка СОНПАР-5610 марки С, так как она позволяет достигать сорта F при добавлении присадки в количестве 500 мг/л дизельного топлива и при 750 мг/л достигать значения в минус 21 °С. С присадкой СОНПАР-5601 марки А дизельное топливо сорта F получается при добавление ее в количестве 750 мг/л (минус 20 °С).

**Abstract.** The northern regions of Russia are characterized by harsh climatic conditions, so it is necessary to provide them with diesel fuel with improved low-temperature properties. Fuel, with the necessary parameters, must comply with State Standard 32511-2013. One of the important parameters of this Standard is the limiting temperature of filterability (LTF). LTF is determined on the device LTF-LAB-12 according to State Standard 22254-92, State Standard R 54269-2010 and ASTM D 6371. This device determines the temperature at which the fuel is not able to pass through the filter due to the released paraffin crystals. Currently, there is a lack of high-quality winter and arctic diesel fuels on the diesel market. The need for data fuels accounts for 40 % of total consumption. Russian refineries produce mainly summer diesel fuel (82.0 %),

winter 5 times less (15.8 %), and the Arctic is only 2.2 % of production volume. One of the ways to improve the low-temperature properties is to add depressant-dispersant additives. For the experiments, the depressant-dispersant additive AddiTOP DDP was introduced into hydrotreated diesel fuel, and the depressor additives SONPAR-5601 of grade A and grade C were introduced into interseasonal diesel fuel. According to the results obtained during the experiment, conclusions were made about the change in the characteristics of the limiting filterability temperature of diesel fuel after the addition of additives. Studies have shown that when added to diesel fuel additives, interseasonal diesel fuel improves low-temperature properties according to State Standard 32511-2013 from grade E up to grade F (class 0). Additive SONPAR-5610 copes with this task best, as it allows to reach the grade of F when adding additive in quantities of 500 mg/l of diesel fuel and at 750 mg/l achieve value in minus 21 °C. Diesel grade F is obtained with additive SONPAR-5601 by adding it in the amount of 750 mg/l (minus 20 °C).

**Ключевые слова:** дизельное топливо, предельная температура фильтруемости, депрессорные присадки, низкотемпературные свойства

**Key words:** diesel fuel, limiting filterability temperature, depressant additives, low-temperature properties

### **Теоретическая часть**

Регионы России, характеризующиеся по природно-климатическим особенностям и условиям хозяйственного развития как северные, составляют более 70 % ее территории. Северные регионы России – это крупный нереализованный потенциал Российской Федерации, где сосредоточено около 80 % запасов всех полезных ископаемых страны. Северные территории играют ключевую роль в национальной экономике, в обеспечении безопасности и геополитических интересов России. Поэтому развитию северных территорий уделяют большое внимание руководство

страны. Комплексное социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации и обеспечение национальной безопасности определены в «Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утвержденных Президентом России 18 сентября 2008 года [1].

Для успешного выполнения этой миссии потребуется значительное увеличение производства дизельных топлив (ДТ) с улучшенными низкотемпературными свойствами.

В настоящее время на рынке дизельного топлива наблюдается недостаток качественного зимнего и арктического дизельного топлива. Необходимость в данных топливах составляет 40 % от общего количества потребления. На Российских нефтеперерабатывающих заводах производится в большей степени летнее дизельное топливо (82,0 %), зимнего в 5 раз меньше (15,8 %), а арктического составляет всего 2,2 % от объема производства [2]. Производство дизельного топлива с нужными низкотемпературными показателями в России осуществляется по ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» [3]. Основные низкотемпературные показатели товарного дизельного топлива приведены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1.** Требования к летнему и межсезонному топливу

Наименование показателя	Значение показателя для сорта					
	A	B	C	D	E	F
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	5	0	минус 5	минус 10	минус 15	минус 20

**Таблица 2.** Требования к зимнему и арктическому топливу

Наименование показателя	Значение для класса				
	0	1	2	3	4
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	минус 20	минус 26	минус 32	минус 38	минус 44
Температура помутнения, °С, не выше	минус 10	минус 16	минус 22	минус 28	минус 34

Низкотемпературные показатели ДТ могут достигаться путём снижения высокомолекулярных n-парафинов  $C_{18+}$  при оптимальном соотношении с n-парафинами  $C_{10}-C_{15}$ , углеводородами изостроения и моноциклическими аренами, которые представляют собой растворители высококипящих алканов [4]. Для этого на производстве используют процесс депарафинизации.

В России в процессе каталитической депарафинизации зимнее дизельное топливо производят шесть заводов [5, 6]:

- ОАО «Сургутнефтегаз» Завод стабилизации конденсата;
- НК «Роснефть» Комсомольский нефтеперерабатывающий завод;
- ООО «КИНЕФ»;
- ООО «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтепереработка»;
- НК «Роснефть» Ачинский нефтеперерабатывающий завод;
- ОАО «Газпромнефть» – Омский нефтеперерабатывающий завод».

Но данных заводов недостаточно для производства зимних сортов, так как с каждым годом возрастает потребность в нём из-за:

- 1) увеличения автомобильного парка;
- 2) использования в военной технике;
- 3) освоения северных территорий, к примеру Арктика.

С помощью карбамидной и цеолитной депарафинизации можем получить дизельное топливо с нужными низкотемпературными параметрами, но при этом снижётся выход на 20-30 %, цетановое число снижается до 40-42 пунктов [7]. Это также приводит к увеличению затрат на использование цетаноповышающих присадок.

Для получения зимних сортов дизельных топлив альтернативой будет являться добавление депрессорно-диспергирующих присадок.

Согласно последним требованиям, депрессорные присадки должны не только понижать температуру застывания и предельную температуру фильтруемости, но и содействовать в удержании мелких кристаллов во взвешенном состоянии, а также способствовать равномерному

распределению их по всему объёму топлива. Это объясняется тем, что топливо с присадкой при хранении при минусовых температурах склонно к расслаиванию и накоплению кристаллов твердой фазы в нижней части ёмкости [8]. Проблема расслаивания присадки от дизельного топлива является актуальной и описывается в работах [9, 10]. Расслаивание было замечено уже через месяц хранения в резервуаре.

Диспергаторы – это соединения, которые не дают осаждаться парафинам, но при этом не являются заменой депрессоров. Они препятствуют расслоению топлив с депрессорными присадками в зимнее время [11].

### **Цели и задачи исследования**

*Целью* данного исследования является улучшение низкотемпературных свойств товарного межсезонного и прямогонного гидроочищенного ДТ с помощью различных депрессорных и депрессорно-диспергирующих присадок. Проба ДТ для исследования взята на одном из известных НПЗ.

### **Задачи исследования:**

- 1) провести физико-химические анализы топлив;
- 2) провести серию экспериментов по определению предельной температуры фильтруемости ДТ с применением депрессорных и депрессорно-диспергирующих присадок;
- 3) проанализировать полученные результаты.

### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследования являются товарное межсезонное и прямогонное гидроочищенное дизельные топлива. Перед исследованием провели предварительный анализ основных показателей топлив, результаты которых приведены в таблице 3.

**Таблица 3.** Основные характеристики дизельных топлив

Наименование	Товарное ДТ межсезонное	ДТ гидроочищенное
СДПИ, мкм	218	598
Фракционный состав, °С:		
- 10 % об.;	212	196
- 50 % об.;	264	263
- 90 % об.;	330	340
- к. к.	358	351
Вязкость при 40 °С	2,63	2,35
ПТФ, °С	минус 15	минус 12

Для улучшения низкотемпературных свойств использовали следующие присадки:

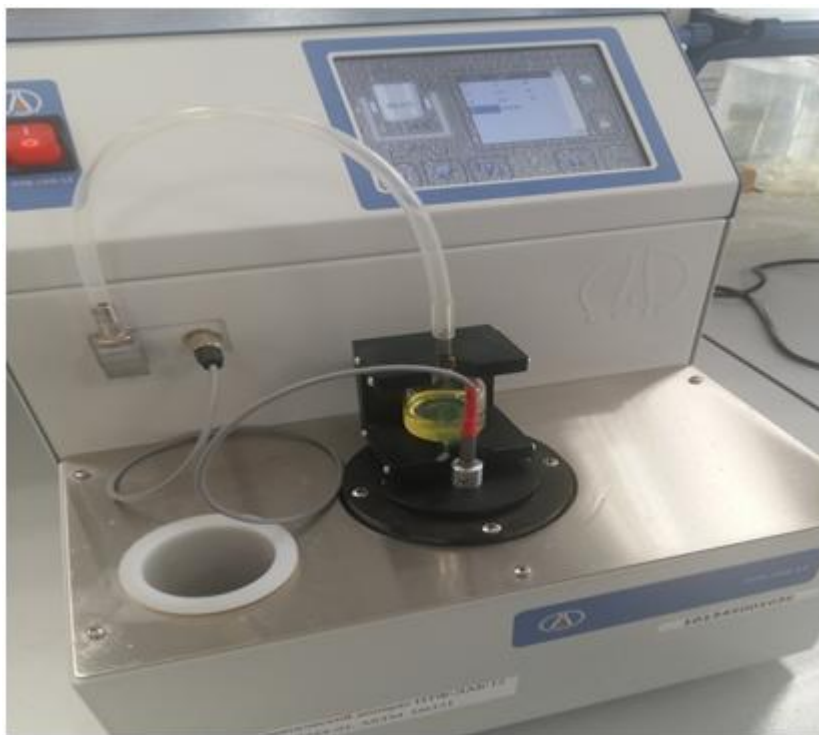
- 1) депрессорная присадка СОНПАР-5601 марки А;
- 2) депрессорная присадка СОНПАР-5601 марки С;
- 3) депрессорно-диспергирующая присадка АддиТОП ДДП.

Данные испытания проводились на аппарате ПТФ-ЛАБ-12 «Автоматический аппарат для определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре с интегрированной системой охлаждения» (рисунок 1).

Автоматический аппарат ПТФ-ЛАБ-12 используется для определения предельной температуры фильтруемости ДТ на холодном фильтре, в соответствии с ГОСТ 22254-92, ГОСТ Р 54269-2010 и ASTM D 6371 в диапазоне температур от комнатной до минус 67 °С.

Испытуемый образец охлаждают в цилиндрическом стеклянном сосуде объёмом топлива 45 см<sup>3</sup> при заданных условиях с интервалом в 1 °С и закачивается в пипетку при вакууме через стандартный фильтр из проволочной сетки. Операция повторяется после каждого снижения температуры пробы на 1 °С. Эксперимент продолжается до тех пор, пока выделившиеся кристаллы парафинов не позволят проходить топливу через фильтр или замедлят поток так, что время заполнения пипетки превысит 60 с или до момента, когда топливо не стечёт полностью в испытательный

сосуд перед охлаждением ещё на 1 °С. Отмеченную температуру начала последней фильтрации регистрируют как предельную температуру фильтруемости на холодном фильтре [12].



**Рисунок 1.** Аппарат ПТФ-ЛАБ-12

### **Результаты исследования и их обсуждение**

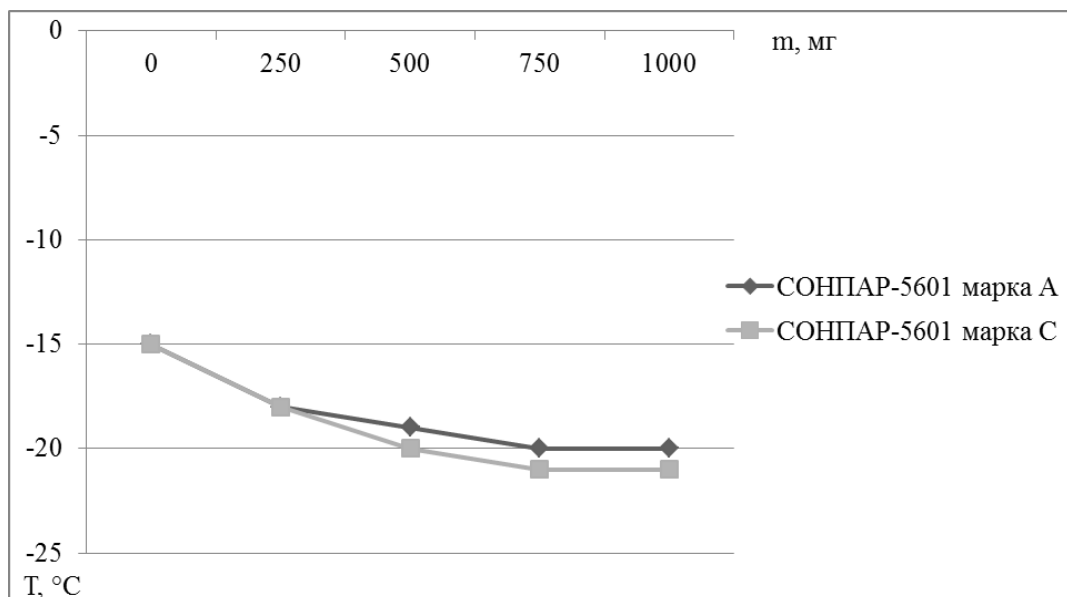
На НПЗ оптимальная дозировка присадки считается 0,6–1,0 кг на 1 т, что составляет 0,06–0,1 % масс. на 1 т продукта. Для данного эксперимента была пересчитана дозировка в мг/л. Количество испытуемого дизельного топлива составило 1 л. Ввод присадки осуществлялся с помощью дозирующего шприца на 250 мг. В ходе испытания дозировку присадки увеличивали с 250 до 1000 мг/л дизельного топлива.

В первой серии испытания сравнивали влияние дозировки депрессорных присадок СОНПАР-5601 марки А и марки С на низкотемпературные характеристики межсезонного товарного дизельного топлива. Результаты эксперимента приведены в таблице 4, на рисунках 2 и 3.

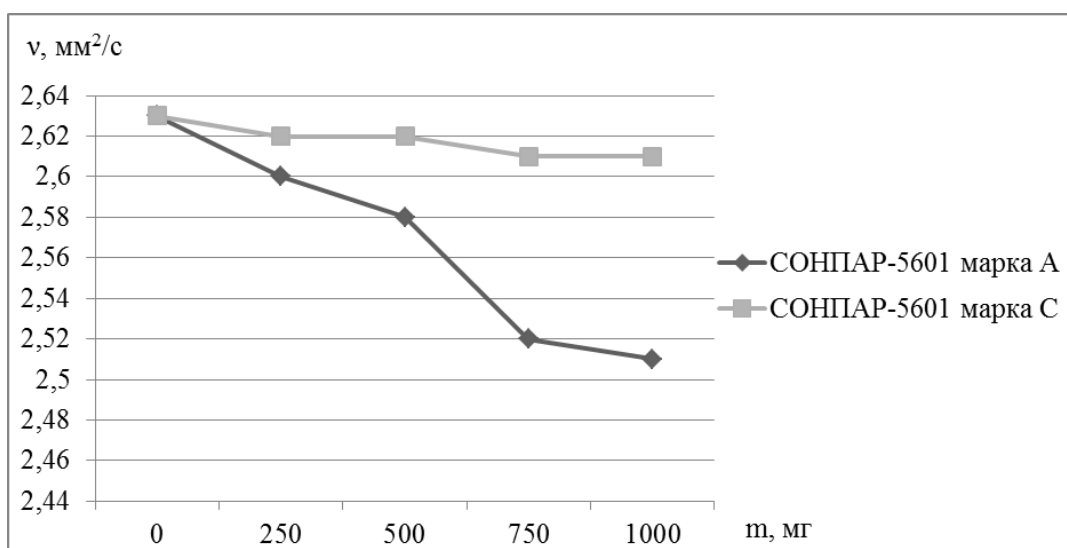


**Таблица 4.** Результаты эксперимента для межсезонного товарного ДТ

Наименование присадки	Количество присадки, мг/л	ПТФ, °С	Вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	Сорт по ГОСТ 32511-2013	Класс по ГОСТ 32511-2013
Межсезонное ДТ с присадкой СОНПАР-5601 марка А	0	минус 15	2,63	Е	–
	250	минус 18	2,60	Е	–
	500	минус 19	2,58	Е	–
	750	минус 20	2,52	Ф	0
	1000	минус 20	2,51	Ф	0
Межсезонное ДТ с присадкой СОНПАР-5601 марка С	0	минус 15	2,63	Е	–
	250	минус 18	2,62	Е	–
	500	минус 20	2,62	Ф	0
	750	минус 21	2,61	Ф	0
	1000	минус 21	2,61	Ф	0



**Рисунок 2.** График зависимости ПТФ от количества присадки



**Рисунок 3.** График зависимости вязкости от количества присадки

Таким образом, из анализа данных таблицы 4, рисунков 2 и 3 видно, что обе присадки при добавлении в межсезонное дизельное топливо позволяют добиться улучшения низкотемпературных свойств по ГОСТ 32511-2013 с сорта Е до сорта F (0 класс). Лучше всего с этой задачей справляется присадка СОНПАР-5610 марки С, так как она позволяет достигать сорта F при добавлении присадки в количестве 500 мг/л дизельного топлива и при 750 мг/л достигать значения в минус 21 °С. С присадкой СОНПАР-5601 марки А дизельное топливо сорта F получается при добавлении ее в количестве 750 мг/л (минус 20 °С).

В следующей серии экспериментов добавляли депрессорно-диспергирующую присадку АддиТОП ДДП в гидроочищенное дизельное топливо. Испытания проводились четыре раза, в каждом из которых увеличивали дозировку присадки с 250 до 1000 мг/л дизельного топлива. Результаты приведены в таблице 5.

**Таблица 5.** Результаты экспериментов для гидроочищенного ДТ

Наименование присадки	Количество присадки, мг/л	ПТФ, °С	Вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	Сорт по ГОСТ 32511-2013	Класс по ГОСТ 32511-2013
Гидроочищенное ДТ с присадкой АддиТОП ДДП	0	минус 12	2,35	D	–
	250	минус 13	2,35	D	–
	500	минус 13	2,34	D	–
	750	минус 33	2,33	–	2
	1000	минус 33	2,33	–	2

Таким образом, из данных таблицы 5 видно, что присадкой АддиТОП ДДП смогли улучшить низкотемпературные свойства дизельного топлива с сорта D до класса 2 (с минус 13 °С до минус 33 °С).

Также в ходе исследований было замечено, что при охлаждении дизельного топлива с высоким содержанием высокопарафинистых соединений образуются хлопья парафинов (рисунок 4), которые могут привести к засорению топливного фильтра данными соединениями.



**Рисунок 4.** Хлопья парафинов в гидроочищенном ДТ

### **Выводы**

В результате проведенных исследований получено, что с помощью введения депрессорных и депрессорно-диспергирующих присадок в дизельные топлива можно добиться улучшения низкотемпературных свойств. В конечном итоге при добавлении присадок в межсезонное и гидроочищенное дизельные топлива улучшаются показатели предельной температуры фильтруемости до 0 класса и 2 класса соответственно (с межсезонного до зимнего ДТ) по ГОСТ 32511-2013.

### **Список используемых источников**

1. Абрамов Р.А. Особенности развития северных регионов России. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-severnyh-regionov-rossii> (дата обращения 12.05.2019).
2. Зеликова К.А., Смоликов М.Д. Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства // Матер. 7-й Междунар. науч.-техн. конф. Омск, 2017. С. 20-21.

3. ГОСТ 32511-2013. Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108413> (дата обращения 17.11.2018).
4. Кинзуль А.П., Хандархаев С.В., Писаренко Н.О. Совершенствование технологии производства низкотемпературных дизельных топлив // Мир нефтепродуктов. 2012. № 8. С. 7-11.
5. Лебедев Б.Л., Афанасьев И.П., Ишмурзин А.В., Талалаев С.Ю., Штеба В.Э., Камешков А.В., Домнин П.И. Производство зимнего дизельного топлива в России // Нефтепереработка и нефтехимия. 2015. № 4. С. 19-27.
6. Уразаева А.А., Сидоров Г.М., Валинуров Р.Р., Азнабаев Ш.Т. Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 6. С. 93-98.
7. Митусова Т.Н., Калинина М.В., Полина Е.В. Снижение температуры помутнения дизельного топлива за счет применения специальной присадки // Нефтепереработка и нефтехимия. 2005. № 2. С. 18-20.
8. Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А., Валиев Д.З. Получение зимних сортов дизельного топлива с применением депрессорно-диспергирующих присадок на основе нефтехимического сырья // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 10. С. 645-647.
9. Нурмухаметова Э.Р., Фатхутдинова Э.Н., Сидоров Г.М., Осипенко Д.Ф. Исследование влияния длительного хранения дизельного топлива на эксплуатационные характеристики // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 9. С. 88-92.
10. Сидоров Г.М., Яхин Б.А., Рябова В.И., Филатов А.К., Зайцев Ю.Н. Снижение качества дизельного топлива в процессе хранения и способ восстановления // Мир нефтепродуктов. 2017. № 6. С. 32-35.

11. Кондрашева Н.К., Еремеева А.М. Изучение влияния присадок и добавок на эксплуатационные и экологические характеристики дизельного топлива // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института. 2017. № 38. С. 86-89.

12. ГОСТ Р 54269-2010. Топлива. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре. URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/51472/> (дата обращения 17.11.2018).

## References

1. Abramov R.A. *Osobennosti razvitiya severnykh regionov Rossii* [Features of Development of Northern Regions of Russia]. Available at: <https://syberleninka.ru/artisle/n/osobennosti-razvitiya-severnyh-regionov-rossii> [in Russian].

2. Zelikova K.A., Smolikov M.D. *Tekhnika i tekhnologiya neftekhimicheskogo i neftegazovogo proizvodstva* [Equipment and Technology of Petrochemical and Oil and Gas Production]. *Materialy 7-i Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Proceedings of the 7th International Scientific and Technical Conference]. Omsk, 2017, pp. 20-21. [in Russian].

3. *GOST 32511-2013. Topливо dizel'noe EVRO. Tekhnicheskie usloviya* [State Standard 32511-2013. Diesel Fuel EURO. Technical Conditions]. Available at: <http://doss.sntd.ru/dosument/1200108413> (accessed 17.11.2018). [in Russian].

4. Kinzul' A.P., Khandarkhaev S.V., Pisarenko N.O. *Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva nizkozastyvayushchikh dizel'nykh topliv* [Improvement of Production Technology of Low-Hardening Diesel Fuels]. *Mir nefteproduktov – World of Oil Products*, 2012, No. 8, pp. 7-11. [in Russian].

5. Lebedev B.L., Afanas'ev I.P., Ishmurzin A.V., Talalaev S.Yu., Shteba V.E., Kameshkov A.V., Domnin P.I. *Proizvodstvo zimnego dizel'nogo topliva v Rossii* [Production of Winter Diesel Fuel in Russia]. *Neftepererabotka i nefteximiya – Refining and Petrochemicals*, 2015, No. 4, pp. 19-27. [in Russian].

6. Urazaeva A.A., Sidorov G.M., Valinurov R.R., Aznabaev Sh.T. Uluchshenie nizkotemperaturnykh svoystv dizel'nogo topliva [Improvement of Low-Temperature Properties of Diesel Fuel]. *Sovremennye naukoemkie texnologii – Modern High Technologies*, 2017, No. 6, pp. 93-98. [in Russian].

7. Mitusova T.N., Kalinina M.V., Polina E.V. Snizhenie temperatury pomutneniya dizelnogo topliva za schet primeneniya spetsialnoj prisadki [Reduction of Turbidity Temperature of Diesel Fuel Due to the Use of a Special Additive]. *Neftepererabotka i nefteximiya – Refining and Petrochemicals*, 2005, No. 2, pp. 18-20. [in Russian].

8. Kemalov A.F., Kemalov R.A., Valiev D.Z. Poluchenie zimnikh sortov dizel'nogo topliva s primeneniem depressorno-dispergiruyushchikh prisadok na osnove neftekhimicheskogo syr'ya [Production of Winter Grades of Diesel Fuel with Application of Depressant-Dispersing Additives on the Basis of Petrochemical Raw Materials]. *Vestnik Kazanskogo Tekhnologicheskogo Instituta – Bulletin of the Technological University*, 2010, No. 10, pp. 645-647. [in Russian].

9. Nurmukhametova E.R., Fatkhutdinova E.N., Sidorov G.M., Osipenko D.F. Issledovanie vliyaniya dlitel'nogo khraneniya dizel'nogo topliva na ekspluatatsionnye kharakteristiki [Investigation of the Effect of Long-Term Storage of Diesel Fuel on Performance]. *Sovremennye naukoemkie texnologii – Modern High Technologies*, 2018, No. 9, pp. 88-92. [in Russian].

10. Sidorov G.M., Yakhin B.A., Ryabova V.I., Filatov A.K., Zaitsev Yu.N. Snizhenie kachestva dizel'nogo topliva v protsesse khraneniya i sposob vosstanovleniya [Reduced Quality of Diesel Fuel during Storage and Recovery Method]. *Mir nefteproduktov – World of Oil Products*, 2017, No. 6, pp. 32-35. [in Russian].

11. Kondrasheva N.K., Ereemeva A.M. Izuchenie vliyaniya prisadok i dobavok na ekspluatatsionnye i ekologicheskie kharakteristiki dizel'nogo topliva [Study of the Effect of Additives and Additives on the Operational and Environmental Characteristics of Diesel Fuel]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta – Bulletin of St. PbSIT (TU)*, 2017, No. 38, pp. 86-89. [in Russian].

12. *GOST R 54269-2010. Topliva. Metod opredeleniya predel'noi temperatury fil'truemosti na kholodnom fil'tre* [State Standard R 54269-2010. Fuels. Method for the Determination of Limiting Temperature of Filterability on a Cold Filter]. Available at: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/51472/> (accessed 17.11.2018). [in Russian].

### **Сведения об авторах**

#### **About the authors**

Осипенко Данил Федорович, магистрант кафедры «Технология нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Danil F. Osipenko, Undergraduate Student of Oil and Gas Processing Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: [osipenko.danil@yandex.by](mailto:osipenko.danil@yandex.by)

Грохотова Екатерина Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Ekaterina V. Grokhotova, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Oil and Gas Processing Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: [ketrin2306@yandex.ru](mailto:ketrin2306@yandex.ru)

Сидоров Георгий Маркелович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Georgiy M. Sidorov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Oil and Gas Processing Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: [kaskad@ufanet.ru](mailto:kaskad@ufanet.ru)

Фатхутдинова Элиза Назифовна, магистрант кафедры «Технология нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Eliza N. Fatkhutdinova, Undergraduate Student of Oil and Gas Processing Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: [eliza.fatkhutdinova@mail.ru](mailto:eliza.fatkhutdinova@mail.ru)