

Научная статья
УДК 665.635
<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-1-27-32>
EDN IDRKNP

Сравнительный анализ процессов депарафинизации дизельных фракций нефтяных и газоконденсатных месторождений

Ирина Владимировна Савенкова[✉],
Сергей Евгеньевич Салин, Александр Дмитриевич Бабенко

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, sirvht@mail.ru*[✉]

Аннотация. Дефицит морозостойких сортов дизельного топлива в зимнее время является причиной поломки дизельных двигателей. Это приводит к тому, что запуск и устойчивая работа двигателя в условиях низких температур затрудняется. Дизельное топливо начинает застывать, а выпадающие парафины забивают фильтр и снижают его пропускную способность. Именно зависимость использования топлива от сезонных и климатических условий заставляет нефтепроизводителей подвергать дополнительной переработке прямогонные дизельные фракции. В статье рассматриваются основные способы улучшения низкотемпературных характеристик дизельного топлива. К недостаткам самого распространенного способа – использование депрессорных присадок – относится их зависимость от углеводородного состава дизельной фракции, что усложняет применение. Наиболее эффективным способом улучшения низкотемпературных характеристик дизельного топлива является каталитическая депарафинизация при участии цеолитсодержащих катализаторов. Превращение тяжелых парафиновых углеводородов позволит не только снизить температурные характеристики, но и сохранить цетановое число. Показана принципиальная возможность получения зимних дизельных топлив с использованием безводородной каталитической депарафинизации. Проведены лабораторные исследования процесса каталитической депарафинизации на дизельной фракции 230–350 °С астраханского газового конденсата в температурном интервале 250–450 °С. Анализ группового углеводородного состава фракции показал содержание в ней парафиновых углеводородов порядка 76 % масс. Эффективность процесса определяется высокой селективностью цеолитсодержащего катализатора на основе цеолита типа Бета, промотированного платиной. При каталитическом превращении дизельной фракции Астраханского газоперерабатывающего завода наблюдается снижение в жидких продуктах более чем в 2 раза предельной температуры фильтруемости. Это объясняется активностью данного катализатора в реакциях крекинга и изомеризации парафиновых углеводородов и возможностью его использования в безводородной среде.

Ключевые слова: каталитическая депарафинизация, цеолитсодержащие катализаторы, дизельное топливо, низкотемпературные характеристики

Для цитирования: Савенкова И. В., Салин С. Е., Бабенко А. Д. Сравнительный анализ процессов депарафинизации дизельных фракций нефтяных и газоконденсатных месторождений // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2025. № 1. С. 27–32. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-1-27-32>. EDN IDRKNP.

Original article

Comparative analysis of dewaxing processes of diesel fractions of oil and gas condensate fields

Irina V. Savenkova[✉], *Sergey E. Salin, Alexander D. Babenko*

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, sirvht@mail.ru*[✉]

Abstract. The shortage of frost-resistant varieties of diesel fuel in winter is the cause of diesel engine failure. This makes it difficult to start and maintain the engine at low temperatures. Diesel fuel begins to solidify, and the falling paraffins clog the filter and reduce its throughput. It is the dependence of fuel use on seasonal and climatic conditions that forces oil producers to undergo additional processing of straight-run diesel fractions. This article discusses the main ways to improve the low-temperature characteristics of diesel fuel. The disadvantages of the most common

method, the use of depressant additives, include their dependence on the hydrocarbon composition of the diesel fraction, which complicates the application. The most effective way to improve the low-temperature characteristics of diesel fuel is catalytic dewaxing using zeolite-containing catalysts. The conversion of heavy paraffinic hydrocarbons will not only reduce the temperature characteristics, but also preserve the cetane number. The principal possibility of obtaining winter diesel fuels using hydrogen-free catalytic dewaxing is shown. Laboratory studies of the catalytic dewaxing process on the 230-350 °C diesel fraction have been carried out. From Astrakhan gas condensate in the temperature range of 250-450 °C. The analysis of the group hydrocarbon composition of the fraction showed the content of paraffinic hydrocarbons in it of the order of 76% by weight. The efficiency of the process is determined by the high selectivity of the zeolite-containing catalyst based on Beta-type zeolite, promoted with platinum. During the catalytic conversion of the diesel fraction of the Astrakhan gas processing plant, a decrease in the maximum filterability temperature in liquid products is observed by more than two times. This is due to the activity of this catalyst in the reactions of cracking and isomerization of paraffinic hydrocarbons and the possibility of its use in an anhydrous environment.

Keywords: catalytic dewaxing, zeolite-containing catalysts, diesel fuel, low-temperature characteristics

For citation: Savenkova I. V., Salin S. E., Babenko A. D. Comparative analysis of dewaxing processes of diesel fractions of oil and gas condensate fields. *Oil and gas technologies and environmental safety*. 2025;1:27-32. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-1-27-32>. EDN IDRKNP.

Введение

Дизельные топлива (ДТ) имеют существенные преимущества перед бензинами: экологичность, более высокая энергетическая эффективность и низкий расход. Но при этом обладают и недостатками. К ним относятся некоторые свойства, затрудняющие запуск дизельных двигателей в зимнее время. Так, при низких температурах парафиновые углеводороды образуют кристаллический осадок и забивают топливную систему автомобиля и повышают ее износ. Поэтому ДТ выпускаются с неодинаковыми характеристиками в зависимости от времени года и являются одними из нефтепродуктов, имеющими сезонные требования к показателям их качества. В России существует дефицит зимних сортов ДТ для таких топлив разработаны особые требования по низкотемпературным свойствам – температуре помутнения, температуре застывания и предельной температуре фильтруемости [1].

Обзор процессов депарафинизации дизельных фракций

В настоящее время на нефтеперерабатывающих предприятиях применяют различные способы и технологии улучшения низкотемпературных свойств ДТ. Наиболее простым в реализации и наименее затратным является использование депрессорных присадок (ДП).

На данный момент существует большое разнообразие коммерческих ДП для улучшения низкотемпературных свойств ДТ. По химической природе ДП можно разделить на четыре типа: сополимеры этилена с полярными мономерами; продукты полиолефинового типа, полиметакрилатные присадки; химические соединения неполимерного типа. Однако при использовании присадок существует ряд трудностей. К примеру, при применении ДП наблюдается значительное влияние углеводородного состава ДТ на эффективность их действия, в большей степени влияние оказывают содержание

и структура нормальных парафинов, ароматических углеводородов, а также температура ввода ДП в топливо. Следствием влияния состава на эффективность действия депрессоров является необходимость подбора оптимальной концентрации присадки для конкретного топлива.

В некоторых работах, такие как [2], авторы используют возможность изменения углеводородного состава ДТ для повышения эффективности действия ДП, например, исследуют влияние добавления небольшого количества тяжелых n-парафинов, даже в небольших концентрациях.

Кроме этого, в работах, например в [3], рассматриваются в качестве как самостоятельных ДП для ДТ, так и в качестве добавок, повышающих эффективность депрессоров, так называемые биокомпоненты (эфирные жирных кислот). В качестве ДП испытаны полимеры, димерные поверхностно-активные вещества. Полимерные присадки (этиленовый полиальфаолефин, сополимеры винилацетата, тетраполимер, полиметилакрилат) улучшают прокачиваемость ДТ за счет изменения кристаллической структуры кристаллов парафинов, которые имеют тенденцию затвердевать при низких температурах и закупоривать топливные фильтры. Благодаря содержанию полярной функциональной группы депрессоры обеспечивают более компактное, правильное и равномерное расположение кристаллов парафинов, обеспечивающее жидкое состояние топлива. Однако использование ДП, как правило, не позволяет получать ДТ арктических марок. В патенте РФ 2756770С1 предложен депрессорный компонент депрессорно-диспергирующей присадки к ДТ, полученный путем реакции радикальной сополимеризации малеинового ангидрида и фракции альфаолефинов C_6-C_{30} с участием инициатора радикальной полимеризации в соответствующем растворителе и последующей модификацией полученного сополимера жирными аминами или спиртами, или их смесью, с длиной алкила C_6-C_{28} [4].

Депарафинизация кристаллизацией проводится с целью удаления твердых парафинов в условиях охлаждения сырья в смеси с избирательными растворителями и основан на разной растворимости углеводородных компонентов. В промышленности для депарафинизации нефтяных фракций в качестве избирательных компонентов используют кетоны, бензол, толуол, сжиженный пропан, легкие бензиновые фракции и т. д. В случае с дизельной фракцией данный процесс не получил широкого распространения ввиду низкой экономической эффективности [5].

Адсорбционная (цеолитная) депарафинизация предполагает использование в качестве адсорбента молекулярных сит. Чаще всего применяются цеолиты (типов А, X, Y), представляющие собой алюмосиликаты с трехмерной кристаллической структурой. Распространенным в промышленности процессом цеолитной депарафинизации является метод Парекс, основным назначением которого является получение жидких нормальных парафинов высокой степени чистоты и компонентов зимних и арктических сортов реактивных и дизельных топлив. Процесс проводится в среде водородсодержащего газа при температуре около 380 °С и давлении 0,5–1 МПа. Процессы цеолитной депарафинизации позволяют получать ДТ с требуемыми низкотемпературными свойствами, но их выход снижается на 20–30 %, цетановое число – до 40–42. Но, как показывает практика, такие установки с экономической точки зрения больше выгодны для получения парафинов, нежели чем для производства ДТ [6].

Электродепарафинизация относится к одним из простейших методов удаления парафинов. Процесс основан на эффектах электрофореза, диэлектрофореза и диполофореза. Суть его заключается в создании на кристаллах охлажденного парафинсодержащего сырья электрического заряда с помощью депрессорных присадок с последующим выделением твердых парафинов. Авторами работы [7] проведены эксперименты по электродепарафинизации компонента ДТ со следующими свойствами: температура застывания составляет –21 °С, температура помутнения – с –7 до 9 °С. Блок электродепарафинизации охлаждают до температуры депарафинизации – с 10 до 15 °С. При напряженности электрического поля 6 000–10 000 В/см в межэлектродном пространстве происходит разделение помутневшего нефтепродукта на парафиновые углеводороды, образующие осадок на электродах и низкозастывающие углеводороды – депарафинированное топливо. Время охлаждения исходного дизельного топлива – до 60 мин, время электрообработки (осаждения) – 10–60 мин.

Качество процесса депарафинизации дизельной фракции оценивается по выходу депарафинирован-

ного продукта, понижению температуры застывания и помутнения депарафинированного топлива относительно температуры помутнения, застывания исходного топлива и выражается в температурах депрессии помутнения и застывания.

Результаты проведенных экспериментов показали, что снижение температурного режима депарафинизации ДТ приводит к снижению температуры застывания и помутнения дизельного топлива (с –40 до –67 °С), а также к увеличению выхода ДТ.

Эффективность процесса *микробиологической депарафинизации* основана на способности микробов избирательно окислять парафиновые углеводороды, преимущественно нормального строения. К числу таких микроорганизмов относят *Pseudomonas* и некоторые типы *levures*, которые относят к анаэробным микроорганизмам усвояющими главным образом парафины нормального строения с 25-углеродными атомами в молекуле. При этом углеводороды иного строения не подвергаются переработке и остаются неизменными. Биомасса, накопленная в результате процесса окисления парафиновых углеводородов, является побочным продуктом и после выделения в чистом виде используется для получения кормового белка. Депарафинизат используют как компонент зимнего ДТ [8].

Следует отметить, что все перечисленные методы уступают в эффективности и производительности процессу *каталитической гидродепарафинизации*. Метод направлен на селективное удаление *n*-алкановых углеводородов из различных нефтяных фракций с применением металлцеолитсодержащих катализаторов в присутствии водорода путем реакций селективного гидрокрекинга и гидроизомеризации *n*-парафинов. Катализаторы обладают бифункциональными свойствами: кислотные центры для крекинга и гидрирующие центры гидрирования ненасыщенных продуктов крекинга. Наибольшее распространение получили каталитические системы на основе цеолитов: шабазит, эрионит, морденит, ZCM-5. Для осуществления мягкого крекинга высокомолекулярных алканов могут использоваться высококремнеземные цеолитсодержащие катализаторы марок: КН-30, КД-3П, ГКД-5, КД-ДЭП-1 и др. [9–11].

В настоящее время разработка процессов гидродепарафинизации осуществляется в двух направлениях:

- улучшение низкотемпературных свойств целевых продуктов;
- одновременное обеспечение гидродепарафинизации и гидрооблагораживания нефтяных продуктов.

Температура проведения процесса гидроизомеризации определяется, с одной стороны, пределами выкипания используемого сырья, с другой – активностью используемого катализатора. Температура процесса – 200–480 °С, давление водорода – 2–5 МПа, объемная скорость подачи сырья – 1–5 ч⁻¹,

подача водорода – 200–450 нм³/м³ сырья. Температура застывания дизельного топлива снижается на 35–60 °С, выход целевого продукта – 85 %, нестабильного бензина – около 12 % [9, 10].

Недостатком данного процесса является невозможность применения на мало- и среднетонажных производствах. Нецелесообразность объясняется необходимостью использования дорогостоящих катализаторов и водородсодержащего газа при высоком давлении, применении соответствующей дорогостоящей аппаратуры, затрат на строительство и производство водорода.

Решением такой проблемы является *каталитическая безводородная депарафинизация* с использованием различных цеолитсодержащих катализаторов. Производственные мощности процесса варьируется от 50 т/год до 300 тыс. т/год по сырью. Основным фактором является количество депарафинизированной дизельной фракции. Установка может находиться вне нефтеперерабатывающего завода, работать периодически, временно подключаться к процессам гидроочистки и изомеризации нефти.

В некоторых случаях целесообразно подвергать депарафинизации не всю дизельную фракцию, а только ее отдельные фракции:

- фракция 180–(220–250) °С – продукт верха колонны (легкий дизель используется для компаундирования);
- фракция (220–250)–(320–330) °С – боковой продукт колонны (подается на реактор депарафинизации);
- фракция (320–330)–360 °С – продукт куба колонны (тяжелый дизель используется как компонент печного топлива).

Если в реактор депарафинизации направлять легкий дизель (фракция 180–(220–250) °С), то будет

высокий выход газа и бензина низкого качества. Если в качестве сырья депарафинизации направлять тяжелый дизель (фракция (320–330)–360 °С), то вместо депарафинизации процесс в большей степени будет переходить в крекинг и регенерацию катализатора. Таким образом, боковой погон колонны является наиболее предпочтительной фракцией для процесса безводородной каталитической депарафинизации. Стоит отметить, что диапазоны выкипания сырья подбирают исключительно экспериментальным путем.

На установке, как правило, функционирует три реактора: один работает в начале цикла, второй – на завершении, третий – на регенерации. Для регенерации катализатора используют азот, водяной пар и воздух в инертном газе. В случае производительности установки по сырью менее 150 тыс. т/год можно использовать двухреакторный вариант.

Процесс каталитической безводородной депарафинизации находит все более широкое применение, как один из перспективных процессов вторичной переработки дизельных фракций нефти и газоконденсатов, характеризующихся высоким содержанием парафинов нормального строения. Используются катализаторы: цеолит типа ZCM-5 марки K-38, цеолит Beta-42, Beta-48, Beta-140, ZSM-23, CU-2-ZCM-5 и др. [11–13].

В связи с этим в лабораторных условиях исследовался процесс безводородной депарафинизации дизельной фракции в присутствии цеолитсодержащих катализаторов. Объектом исследования безводородной каталитической депарафинизации была выбрана дистиллятная фракция 230–350 °С стабильного газового конденсата Астраханского газоперерабатывающего завода, характеристики которой представлены в табл.

Характеристики исходной дистиллятной фракции 230–350 °С

Characteristics of the initial distillate fraction 230-350 °C

Показатель	Числовое значение
Цетановое число	48,5
Фракционный состав, при температуре:	
– 50 %	264
– 90 %	338
Предельная температура фильтруемости, °С	–22,6
Температура застывания, °С	–32,3
Температура помутнения, °С	–20,8
Плотность при 20 °С, кг/м ³	885
Содержание углеводов, % масс.:	
– ароматических	22,44
– нафтеновых	0,34
– непредельных	0,68
– парафиновых	76,54

Анализ физико-химических характеристик данной фракции показал, что она содержит большое количе-

ство парафиновых углеводов. В связи с этим полагаем, что дистиллятная фракция 230–350 °С потен-

циально может быть использована в качестве сырья процесса безводородной депарафинизации. Опыты проводили в интервале температур 250–450 °С.

Так, при превращении гидроочищенной дизельной фракции 230–350 °С астраханского газового конденсата в присутствии цеолитсодержащего катализатора типа Бета, промотированного платиной, предельная температура фильтруемости в жидких продуктах снизилась с –22,6 до –48 °С.

Заключение

Наиболее перспективным, экономически и тех-

нологически целесообразным из всех методов депарафинизации дизельных фракцией является процесс безводородной депарафинизации. Проведены лабораторные исследования по изучению эффективности каталитической депарафинизации дистиллятной фракция 230–350 °С стабильного газоконденсата Астраханского газоперерабатывающего завода с целью снижения содержания парафиновых углеводородов, улучшению эксплуатационных характеристик и получения зимних сортов дизельного топлива.

Список источников

1. Гультяев С. В. Электродепарафинизация дизельных топлив из нефтей Западной Сибири: дис. ... канд. техн. наук. Астрахань, 2007. 163 с.
2. Богданов И. А. Влияние технологических параметров и состава сырья на состав и свойства продуктов в процессах получения низкозастывающих дизельных топлив: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2023. 123 с.
3. Романцова С. В., Нагорнов С. А., Корнев А. Ю. Состав добавки для улучшения характеристик современного дизельного топлива // Изв. вузов. Приклад. химия и биотехнология. 2019. Т. 9, № 3. С. 547–556.
4. Пат. РФ 2756770С1. Депрессорно-диспергирующая присадка к дизельным топливам и способ ее получения / Гималетдинов Р. Р. № 2020134244; заявл. 19.10.2020; опубл. 05.10.2021.
5. Гайнуллин Р. Р., Гизятуллин Э. Т., Солодова Н. Л., Абдуллин А. И. Получение низкозастывающих нефтепродуктов методами депарафинизации // Вестн. Казан. технолог. ун-та. 2013. Т. 16, № 10. С. 257–265.
6. Камешков А. В., Гайле А. А. Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами (обзор) // Изв. Санкт-Петербург. гос. технолог. ин-та (техн. ун-та). 2015. № 29 (55). С. 49–60.
7. Генрих И. О., Турышев Б. И., Шалдыбин А. В. Способ электростатической депарафинизации дизельных топлив для получения зимних сортов топлив в проточном режиме // Инновации. 2019. № 1 (243). С. 100–103.
8. Левин Е. В., Буракаева А. Д., Ахметова В. Р. Пер-

спективы использования микроорганизмов в процессах нефтедобычи и депарафинизации // Башкир. хим. журн. 2021. Т. 28, № 2. С. 37–52.

9. Павлов М. Л., Басимова Р. А., Каримов Р. А. Влияние условий гидропарафинизации на выход и низкотемпературные свойства дизельного топлива // Нефтепереработка. Нефтехимия. 2019. Т. 17, № 2. С. 134–138.

10. Писаренко Е. В., Пономарев А. Б., Головань Е. Е., Балашова К. В. Исследование процесса депарафинизации углеводородного сырья на модифицированном цеолитосодержащем катализаторе в реакторе со стационарным слоем катализатора // Успехи в химии и химической технологии. 2023. Т. XXXVII, № 4. С. 126–130.

11. Пат. РФ 2681949. МПК С10G 11/05. Способ приготовления катализатора и способ получения дизельного топлива с использованием этого катализатора / Ечевский Г. В. и др. № 2018144208; заявл. 13.12.2018; опубл. 14.03.2019.

12. Овчарова А. С., Князева Е. Е., Савенкова И. В., Овчаров С. Н. Безводородная депарафинизация дизельных фракций на цеолитсодержащих катализаторах типа ВЕТА // Вестн. Сев.-Кавказ. фед. ун-та. 2013. № 2 (35). С. 42–46.

13. Савенкова И. В., Бабенко А. Д. Цеолитсодержащие катализаторы безводородной депарафинизации дизельных фракций // Нефтегаз. технологии и эколог. безопасность. 2024. № 4. С. 36–40. DOI: <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2024-4-36-40>.

References

1. Gul'tjaev S. V. *Jelektrodeparafinizacionija dizel'nyh topliv iz neftej Zapadnoj Sibiri: dissertacija ... kandidata tehničeskikh nauk* [Electrodeparaffination of diesel fuels from the oils of Western Siberia: dissertation ... Candidate of Technical Sciences]. Astrahan', 2007. 163 p.
2. Bogdanov I. A. *Vlijanie tehnologičeskikh parametrov i sostava syr'ja na sostav i svojstva produktov v processah poluchenija nizkozastyvajushhih dizel'nyh topliv: dissertacija ... kandidata tehničeskikh nauk* [The influence of technological parameters and the composition of raw materials on the composition and properties of products in the production of low-carbon diesel fuels: dissertation ... Candidate of Technical Sciences]. Tomsk, 2023. 123 p.
3. Romancova S. V., Nagornov S. A., Kornev A. Ju. *Sostav dobavki dlja uluchshenija harakteristik sovremenogo dizel'nogo topliva* [The composition of the additive to improve the performance of modern diesel fuel]. *Izvestija*

vuzov. Prikladnaja himija i biotehnologija, 2019, vol. 9, no. 3, pp. 547–556.

4. Gimaletdinov R. R. *Depressorno-dispergirujushhaja prisadka k dizel'nyh toplivam i sposob ee poluchenija* [Depressant-dispersant additive for diesel fuels and the method of its preparation]. Patent RF, no. 2756770S1; 05.10.2021.

5. Gajnullin R. R., Gizjatullin Je. T., Solodova N. L., Abdullin A. I. *Poluchenie nizkozastyvajushhih nefteproduktov metodami deparafinizacionii* [Production of low-hardness petroleum products by dewaxing methods]. *Vestnik Kazanskogo tehnologičeskogo universiteta*, 2013, vol. 16, no. 10, pp. 257–265.

6. Kameshkov A. V., Gajle A. A. *Poluchenie dizel'nyh topliv s uluchshennymi nizkotemperaturnymi svojstvami (obzor)* [Production of diesel fuels with improved low-temperature properties (review)]. *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tehnologičeskogo insituta (tehnič-*

eskogo universiteta), 2015, no. 29 (55), pp. 49-60.

7. Genrih I. O., Turyshv B. I., Shaldybin A. V. Sposob jelektrostatischej deparafinizacii dizel'nyh topliv dlja poluchenija zimnih sortov topliv v protochnom rezhime [A method of electrostatic dewaxing of diesel fuels for obtaining winter grades of fuels in a flow mode]. *Innovacii*, 2019, no. 1 (243), pp. 100-103.

8. Levin E. V., Burakaeva A. D., Ahmetova V. R. Perspektivy ispol'zovanija mikroorganizmov v processah nefte-dobychi i deparafinizacii [Prospects for the use of microorganisms in oil production and dewaxing processes]. *Bashkirskij himicheskij zhurnal*, 2021, vol. 28, no. 2, pp. 37-52.

9. Pavlov M. L., Basimova R. A., Karimov R. A. Vlijanie uslovij gidroparafinizacii na vyhod i nizkotemperaturnye svojstva dizel'nogo topliva [Influence of hydro-paraffination conditions on the yield and low-temperature properties of diesel fuel]. *Neftepererabotka. Neftehimija*, 2019, vol. 17, no. 2, pp. 134-138.

10. Pisarenko E. V., Ponomarev A. B., Golovan' E. E., Balashova K. V. Issledovanie processa deparafinizacii uglevodородного syr'ja na modificirovannom ceolito-soderzhashhem katalizatore v reaktore so stacionarnym sloem katalizatora

[Investigation of the process of dewaxing of hydrocarbon raw materials on a modified zeolite-containing catalyst in a reactor with a stationary catalyst layer]. *Uspehi v himii i himicheskoi tehnologii*, 2023, vol. XXXVII, no. 4, pp. 126-130.

11. Echevskij G. V. i dr. Sposob prigotovlenija katalizatora i sposob poluchenija dizel'nogo topliva s ispol'zovaniem jetogo katalizatora [A method for preparing a catalyst and a method for producing diesel fuel using this catalyst]. Patent RF, no. 2681949; 14.03.2019.

12. Ovcharova A. S., Knjazeva E. E., Savenkova I. V., Ovcharov S. N. Bezvodorodnaja deparafinizacija dizel'nyh frakcij na ceolitsoderzhashhij katalizatorah tipa VETA [Hydrogen-free dewaxing of diesel fractions on zeolite-containing catalysts of the VETA type]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta*, 2013, no. 2 (35), pp. 42-46.

13. Savenkova I. V., Babenko A. D. Ceolitsoderzhashhie katalizatory bezvodorodnoj deparafinizacii dizel'nyh frakcij [Zeolite-containing catalysts for hydrogen-free dewaxing of diesel fractions]. *Neftegazovye tehnologii i jekologicheskaja bezopasnost'*, 2024, no. 4, pp. 36-40. DOI: <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2024-4-36-40>.

Статья поступила в редакцию 14.01.2025; одобрена после рецензирования 20.02.2025; принята к публикации 13.03.2025
The article was submitted 14.01.2025; approved after reviewing 20.02.2025; accepted for publication 13.03.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Ирина Владимировна Савенкова – кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры химической технологии переработки нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; sirvht@mail.ru

Сергей Евгеньевич Салин – магистрант кафедры химической технологии переработки нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; wirt_ruso_wot@mail.ru

Александр Дмитриевич Бабенко – магистрант кафедры химической технологии переработки нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; babenkosasha580@gmail.com

Irina V. Savenkova – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas Refining; Astrakhan State Technical University; sirvht@mail.ru

Sergey E. Salin – Master's Course Student of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas Refining; Astrakhan State Technical University; wirt_ruso_wot@mail.ru

Alexander D. Babenko – Master's Course Student of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas Refining; Astrakhan State Technical University; babenkosasha580@gmail.com

