

## ОТЗЫВ

официального оппонента Величкиной Людмилы Михайловны на диссертационную работу **Богданова Ильи Александровича «Влияние технологических параметров и состава сырья на состав и свойства продуктов в процессах получения низкозастывающих дизельных топлив»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.12 –Нефтехимия

**Актуальность темы исследования.** Выпуск высококачественного дизельного топлива, являющегося одним из наиболее востребованных видов горючего для двигателей внутреннего сгорания, является приоритетным направлением развития современной нефтеперерабатывающей промышленности. Средние дистиллятные фракции, получаемые на установках первичной переработки нефти, содержат значительное количество n-парафинов, имеющих положительные температуры застывания, что ухудшает низкотемпературные характеристики топлив, производимых из этих фракций. Для улучшения низкотемпературных свойств средних дистиллятных фракций применяют депрессорные присадки или проводят их каталитическую депарафинизацию. При этом применение присадок, используемых для доведения качества топлива до жестких требований технических регламентов, требует оптимизации углеводородного состава сырьевых дизельных фракций, а каталитическая депарафинизация, являясь наиболее эффективной, является высокочрезвычайно затратной и часто нерентабельной для небольших нефтеперерабатывающих заводов. Для России, в связи с особенностями её географического положения и климатических условий, ситуация усугубляется необходимостью производства большого объёма зимнего и арктического дизельного топлива для эксплуатации техники при отрицательных температурах окружающей среды.

Несмотря на большое количество научных публикаций, посвящённых различным способам депарафинизации дизельных фракций, и существующие промышленные технологии, задачи рационального использования депрессорных присадок, большая часть которых импортного производства, и обеспечение требуемого уровня качества дизельных топлив, остаются наиболее важными. Следовательно, представленная диссертационная работа, направленная на исследование способов получения низкозастывающего дизельного топлива, обладает высокой актуальностью и практической значимостью.

**Цель диссертационной работы** заключалась в выявлении закономерностей влияния технологических параметров и состава сырья на состав и свойства продуктов в процессах получения низкозастывающих дизельных топлив.

Для достижения поставленной цели автору необходимо было решить следующие **задачи**:

1. Определить и проанализировать физико-химические свойства, эксплуатационные характеристики и состав прямогонных дизельных фракций, полученных из различных нефтей, добываемых на территории Российской Федерации.

2. Выявить закономерности влияния фракционного и группового состава прямогонных дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок.

3. Выявить закономерности влияния состава прямогонных дизельных фракций и технологических параметров процесса переработки на цеолитном катализаторе на выход, состав и свойства продуктов. Разработать формализованную схему превращений веществ, входящих в состав прямогонных дизельных фракций, в условиях безводородной переработки на цеолитном катализаторе.

4. Установить оптимальные технологические параметры реализации процесса переработки прямогонных дизельных фракций на цеолитном катализаторе.

5. Определить выход, состав и свойства топливных фракций, получаемых разделением продуктов переработки на цеолитном катализаторе. Выработать рекомендации по использованию полученных фракций для получения компонентов моторных топлив.

**На защиту выносятся следующие положения диссертации:**

1. Закономерности влияния группового углеводородного и фракционного составов прямогонных дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок.

2. Закономерности влияния состава перерабатываемого сырья и технологических параметров процесса переработки прямогонных дизельных фракций на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 на состав, свойства и выход получаемых продуктов. Формализованная схема превращений углеводородов, входящих в состав прямогонных дизельных фракций, на цеолитном катализаторе.

3. Определение оптимальных технологических параметров реализации процесса переработки прямогонных дизельных фракций на цеолитном катализаторе типа ZSM-5. Рекомендации по получению компонентов различных моторных топлив из продуктов переработки дизельных фракций на цеолитном катализаторе.

**Научная новизна** работы заключается в том, что впервые:

- для использованных в диссертационном исследовании прямогонных дизельных фракций были установлены закономерности влияния их структурно-группового и фракционного состава на эффективность действия депрессорных присадок на основе сополимеров винилацетата;

- определено влияние технологических параметров (давление, температура, объемная скорость подачи сырья) в процессе каталитической переработки прямогонных дизельных фракций различного состава на цеолитном катализаторе КН-30 на выход и свойства низкозастывающих продуктов реакции, фракционированием которых могут быть получены компоненты для производства товарных высокооктановых бензинов и дизельных топлив.

**Достоверность полученных результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждается систематическим характером исследований, большим объемом экспериментальных результатов работы, их согласованностью и воспроизводимостью, использованием комплекса современных стандартизированных методов исследования, а также обсуждением результатов работы с привлечением литературных данных и публикацией полученных автором результатов в ведущих отечественных и зарубежных журналах, в том числе рекомендованных Перечнем ВАК, из которых 2 статьи в журналах первого и 2 статьи в журналах второго квартилей.

### **Научная и практическая значимость полученных автором результатов.**

Выявленные в диссертационной работе закономерности влияния состава и технологических параметров переработки прямогонных дизельных фракций на состав и свойства получаемых продуктов, а также влияние состава дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок позволят получать компоненты дизельного топлива заданного качества, соответствующего требованиям, предъявляемым к арктической и зимней маркам дизельного топлива. Из продуктов переработки на цеолитном катализаторе прямогонных дизельных фракций могут быть выделены фракции для получения компонентов бензинов, керосинов и дизельных топлив.

Высокую научную и практическую значимость диссертационной работы подтверждает опубликование её результатов в высокорейтинговых научных журналах, а также грант РФФИ «20-38-90156 Аспиранты» по теме «Исследование закономерностей влияния технологических параметров и состава сырья в процессах получения низкозастывающих дизельных топлив переработкой на цеолитах и смешением с депрессорными присадками» и грант РНФ 21-73-00095 по теме «Разработка методики малотоннажного производства бензинов и низкозастывающих дизельных топлив переработкой углеводородного сырья на цеолитном катализаторе».

**Личный вклад автора** состоит в выборе и обосновании актуальности научного направления исследований, проведении лабораторных испытаний по переработке прямогонных дизельных фракций в условиях варьирования состава перерабатываемого сырья и технологических параметров, обобщении теоретических и экспериментальных закономерностей, формулировке основных положений и выводов диссертационной работы. Результаты исследований являются оригинальными и получены лично Богдановым И.А. или при его непосредственном участии.

### **Общая оценка содержания диссертации.**

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа автора включает в себя введение, пять глав, заключение и список используемой литературы. Работа написана на 123 страницах машинописного текста и включает 19 рисунков, 35 таблиц. Библиография включает 152 наименования.

**Во введении** автор показал актуальность выбранной темы, цель и задачи своего исследования, научную новизну, теоретическую и практическую значимость своей работы.

**В первой главе** проведен обзор отечественных и зарубежных литературных источников. Были рассмотрены теоретические основы производства дизельных топлив, а также существующие способы улучшения их низкотемпературных свойств, современные достижения в области производства депрессорных присадок, современные технологии получения моторных топлив на цеолитах и основные направления химических реакций, протекающих при переработке дизельных фракций на данных катализаторах. Автор дал детальное обоснование необходимости применения депрессорных присадок и каталитической переработки прямогонных дизельных фракций на цеолите для получения топливных компонентов с улучшенными низкотемпературными свойствами.

**Во второй главе** описаны методические подходы к приготовлению смесей дизельных фракций с депрессорными присадками, получение узких дизельных фракций из исходных дистиллятов и проведение процесса переработки прямогонных фракций на цеолитном катализаторе КН-30. Представлены стандартизированные методики определения состава и свойств дизельных фракций, продуктов их каталитической переработки на цеолитном катализаторе и получаемых топливных фракций.

**В третьей главе** диссертационной работы автором исследовано влияние состава прямогонных дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок. Показаны результаты определения характеристик и состава образцов прямогонных дизельных фракций, низкотемпературных свойств смесей образцов прямогонных дизельных фракций с депрессорными присадками.

**В четвертой главе** автором приведены результаты исследования по влиянию депрессорных присадок на низкотемпературные свойства исходного образца прямогонной дизельной фракции и узких дизельных фракций, а также их смесей.

**В пятой главе** приведены результаты исследования состава и свойств продуктов переработки сырьевых дизельных фракций на цеолитном катализаторе КН-30, показано влияние состава сырья и технологических параметров процесса переработки на цеолите на выход, состав и свойства получаемых продуктов. Проведено исследование характеристик полученных продуктов на соответствие требованиям стандартов. Разработана групповая формализованная схема превращений углеводородов, входящих в состав прямогонных дизельных фракций, в процессе их каталитической переработки на цеолитном катализаторе.

**Выводы** диссертационной работы содержат 6 пунктов, в которых автором на основании результатов приведенных исследований установлено:

1. Эффективность действия присадок в отношении температуры застывания повышается с увеличением содержания в составе дизельной фракции парафинов, снижением содержания ароматических углеводородов и повышением среднего числа ароматических колец в молекуле.

2. Утяжеление фракционного состава дизельной фракции повышает эффективность действия депрессорной присадки на температуру застывания, а облегчение фракционного состава дизельной фракции снижает эффективность действия депрессорной присадки на предельную температуру фильтруемости.

3. Увеличение температуры процесса приводит к утяжелению фракционного состава, а также ухудшению низкотемпературных и физико-химических свойств получаемых продуктов. Увеличение давления процесса способствует снижению выхода жидких продуктов, одновременному снижению начала кипения и увеличению конца кипения, улучшению физико-химических свойств. Увеличение объемной скорости подачи сырья приводит к увеличению выхода жидких продуктов, облегчению фракционного состава, улучшению физико-химических свойств.

4. Определены оптимальные технологические параметры реализации процесса безводородной переработки прямогонных дизельных фракций на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 марки КН-30 с целью получения компонентов арктического дизельного топлива.

5. Разработана групповая формализованная схема превращений веществ, входящих в состав дизельных фракций в условиях безводородной переработки на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 марки КН-30.

6. Фракционирование продукта переработки прямогонной дизельной фракции на цеолитном катализаторе позволяет получать перспективные компоненты для производства высокооктановых бензинов, реактивных топлив и товарных дизельных топлив.

**Автореферат** отражает основное содержание и полученные результаты диссертационного исследования.

**Публикации.** Всего автором опубликовано более 170 работ, из них по материалам диссертации 50 работ, в том числе 10 статей в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК, 8 статей в зарубежных журналах, из которых 2 статьи в журналах первого и 2 статьи в журналах второго квартилей, а также материалы и тезисы 32 докладов на научных конференциях международного и всероссийского уровней.

#### **Замечания и вопросы по диссертационной работе:**

1. В *Главе 1. Обзор литературы по теме исследования* приведены ссылки на публикации, не имеющие непосредственного отношения к теме диссертации:

*п. 1.3. Цеолитный катализ:* с. 25-26 [15 – получение нефтяных газов], [16 – производство авиационного топлива], [17, 18 – синтез Фишера-Тропша], [19 – ароматизация метанола], [20-22 – переработка рапсового, соевого или подсолнечного масла], [23 – переработка биомассы хвойных пород и пластиковых отходов], [24 – утилизация полиэтилена], [25-27 – цеолит ZSM-23];

*п. 1.5. Обзор автономных малотоннажных технологий получения топлив,* с. 35-37, [106-117] посвящён альтернативным способам получения энергии из сжиженного природного газа, солнечного излучения или действия ветра;

*п. 1.6. Обзор технологий получения моторных топлив на цеолитах:* с. 38-39 [119-121, 125, 130, 132, 135 – переработка бензина], [122, 123, 131 – крекинг тяжелого углеводородного сырья], [124, 134 – ароматизация газообразных алканов], [126, 127 – переработка биомассы], [128 – конверсия глицерина в олефины].

2. В *Списке литературы* перепутаны ссылки [1] и [2], одинаковые литературные источники повторяются под разными номерами ([54] и [66], [56] и [67], [58] и [68], [106] и [117], трижды приведена ссылка на одну статью [4], [29], [103]).

В литературных ссылках [15-18], [20-24], [26], [72-75], [120], [124, 125] не указаны номера (тома) журналов и страницы опубликованных статей; в источнике [127] не приведены номера страниц; в [128] вместо Р. написано №; оформление процитированных литературных источников [15-27] и [133] не соответствует требованиям по написанию авторов.

3. Следовало более тщательно отредактировать положения *Научной новизны* диссертационной работы:

вместо п. 1 и п. 2 привести более конкретную формулировку, например: для использованных в диссертационном исследовании прямогонных дизельных фракций были установлены закономерности влияния их структурно-группового и фракционного состава на эффективность действия депрессорных присадок на основе сополимеров винилацетата;

п. 3 научной новизны о получении в процессе каталитической депарафинизации низкозастывающего дизельного топлива опровергается шестым выводом диссертационной работы, что полученные продукты по своим характеристикам не соответствуют товарным топливам, а представляют компоненты для их производства.

4. В *Главе 1. Обзор литературы по теме исследования, п. 1.2. Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива*, на основании анализа литературных данных, автором написано: «В случае дизельных топлив состав не регламентирован и зависит от многих факторов, что делает невозможным подбор и создание универсальных присадочных композиций, а лабораторный подбор присадки и ее концентрации возможен, по сути, только под конкретную конечную партию топлива» (с. 19).

Первый и второй выводы диссертационной работы также констатируют зависимость эффективности действия депрессорных присадок от состава сырьевых дизельных фракций.

Найденные диссертантом закономерности влияния состава прямогонных дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок являются универсальными или применимы только для исследованных в данной работе дизельных фракций?

5. Чем обусловлено использование в качестве сырья разных прямогонных дизельных фракций для приготовления смесей с депрессорными присадками и каталитической переработки?

6. Какова была длительность каталитических испытаний, и почему материальный баланс процесса, приведённый на с. 83 диссертации, рассчитан только по газообразным и жидким продуктам реакции без учета углеродных продуктов уплотнения, неизбежно образующихся на катализаторе?

7. Почему, несмотря на определённую в диссертации оптимальную объёмную скорость подачи сырья процесса каталитической переработки прямогонных дизельных фракций (с. 96 и с. 98 диссертации, с. 20 автореферата), составляющую  $3 \text{ ч}^{-1}$ , в четвёртом выводе диссертационной работы в качестве одного из установленных оптимальных технологических параметров указана объёмная скорость подачи сырья  $4 \text{ ч}^{-1}$ ?

8. Групповая формализованная схема химических превращений углеводородного сырья на цеолитном катализаторе, приведенная диссертантом на с. 97 диссертации и с. 17 автореферата, отличается от классических маршрутов превращения углеводородов на цеолитах?

Приведенные замечания не носят принципиального характера, не ставят под сомнение выводы диссертации и не влияют на положительную оценку выполненной работы.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.** В работе получен и проанализирован большой объем экспериментального материала. Тема диссертационной работы актуальна и имеет большую научную и практическую значимость. Цель, поставленная автором работы, достигнута. Выводы диссертационного исследования обоснованы, достоверны и являются новыми. Диссертационная работа посвящена решению важной научно-технической задачи – получению переработкой прямогонных дизельных фракций на цеолитных



катализаторах или их смешением с депрессорными присадками низкозастывающих продуктов, являющихся компонентами для производства товарных топлив. Представленные результаты расширяют как фундаментальные знания о процессах получения низкозастывающих дизельных топлив, так и имеют важное практическое значение для нефтеперерабатывающей промышленности.

Диссертация ««Влияние технологических параметров и состава сырья на состав и свойства продуктов в процессах получения низкозастывающих дизельных топлив» является законченной научно-квалификационной работой, которая может иметь продолжение, обусловленное потребностью в высококачественных дизельных топливах. По своей актуальности, новизне, степени обоснованности научных положений, выводов и практических рекомендаций, методическому и научному уровню она соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842.

Автор диссертационной работы, Богданов Илья Александрович, по важности решенных научных задач и по уровню проведения исследований достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.12 – Нефтехимия.

Я, Величкина Людмила Михайловна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:  Величкина Людмила Михайловна

Величкина Людмила Михайловна  
634055, г. Томск, пр. Академический, д. 4  
тел. раб. (3822)491-335,  
e-mail: mps@ipc.tsc.ru  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт химии нефти  
СО РАН (ИХН СО РАН)  
Заведующий лабораторией каталитической  
переработки легких углеводородов  
Кандидат химических наук  
(специальность 02.00.13 – Нефтехимия)  
Доцент  
(специальность 02.00.13 – Нефтехимия)

Дата составления отзыва « 27 » ноября 2023 г.

Подпись Величкиной Л.М. заверяю  
Ученый секретарь ИХН СО РАН  
кандидат химических наук



Степанов А.А.