

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Давлетшина Артура Раисовича на диссертационную работу Карпова Андрея Николаевича «Взаимное влияние свойств узких керосиновых фракций на увеличение выхода реактивного топлива», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия

Актуальность темы исследования

В работе Карпова А.Н. проведен детальный сравнительный анализ физико-химических свойств узких керосиновых фракций различного происхождения, что позволило определить механизмы их аддитивного влияния на качество и эффективность производства реактивного топлива марки ТС-1. Исследователь продемонстрировал, что компаундирование керосиновых фракций, полученных в результате гидродемеркаптанизации (ГДМ) и гидрокрекинга, значительно повышает выход целевого продукта, обеспечивая тем самым рациональное использование сырьевых ресурсов.

Установлено, что закономерности распределения меркаптанов в узких фракциях прямогонного керосина и их содержание в исходной нефти являются ключевыми факторами для оптимизации процессов атмосферной перегонки. На основе этих данных разработаны методы совершенствования технологических режимов, которые позволяют снизить содержание меркаптановой серы в прямогонном керосине.

Представленные результаты имеют высокую практическую значимость для действующих предприятий нефтеперерабатывающей отрасли, а также для реализации новых инвестиционных проектов, направленных на повышение эффективности процессов переработки углеводородного сырья.

Увеличение спроса на авиационное топливо оказывает существенное влияние на нефтеперерабатывающий сектор, что, в свою очередь, влияет на динамику цен на рынке. Следовательно, для стимулирования дальнейшего развития отрасли в части производства авиационного топлива, актуальной задачей является разработка новых технологий его производства. В этой связи тематика данной работы, несомненно, является **актуальной**.

Научная новизна исследований и полученных результатов заключается в глубоком анализе данных, позволившем **выявить** существенные различия в компонентном составе узких дистилятных фракций керосинов, полученных различными технологическими процессами переработки. Эти различия оказывают значительное влияние на критические эксплуатационные характеристики реактивного топлива, такие как температура

кристаллизации, высота некоптящего пламени и теплота сгорания. В результате проведенного анализа **установлены** четкие корреляционные зависимости между содержанием н-алканов, влияющих на температуру кристаллизации, и ароматических углеводородов, определяющих высоту некоптящего пламени и теплоту сгорания, а также степень утяжеления фракционного состава.

Выявлено, что содержание меркаптановой серы в узких фракциях прямогонного керосина превышает ее содержание в аналогичных фракциях термически необработанной нефти. Это позволяет предположить, что примерно 70% меркаптановой серы поступает из нефти, а около 30% образуется в результате термического разложения сернистых соединений в процессе первичной переработки нефти.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в выявлении закономерностей гидрогенолиза тяжелых меркаптанов и в анализе влияния изменений в содержании н-алканов, аренов, меркаптановой и общей серы в узких фракциях керосинов различного происхождения на их физико-химические характеристики. В рамках исследования установлено, что для нефтей, характерных для нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) центра европейской части России, возможно увеличение выхода прямогонного керосина с 11,17 % до 16,57 % посредством интеграции бензиновых фракций в состав прямогонного керосина.

На основе полученных данных разработаны технологические схемы для проектирования новых установок и модернизации существующих, направленные на достижение данного повышения эффективности.

Дополнительно предложен метод снижения содержания меркаптановой серы в прямогонной керосиновой фракции посредством увеличения температуры в печах и кубе колонны К-1 блока атмосферной перегонки. Данный подход позволяет уменьшить концентрацию меркаптановой серы на 30 % относительно исходного уровня, что способствует улучшению качества конечного продукта.

Выработан подход по оптимальному компаундированию керосинов различного происхождения для увеличения выпуска реактивного топлива ТС-1 на основе особенности их физико-химических свойств, позволяющий увеличить выпуск реактивного топлива до 20,15 %. Определены оптимальные технологические параметры применения нового отечественного катализатора для получения реактивных топлив марок ТС-1 и Джет А-1 в процессе ГДМ.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. Соискателем проведены экспериментальные исследования с использованием современных аналитических

методов, результаты интерпретированы обоснованно, доказательно и согласуются с результатами исследователей в данной области, опубликованными в научной периодике.

Апробация работы

Основные положения и результаты работы были представлены на следующих конференциях: Форуме «Армия-2023» (Москва, 2023); Конгрессе по нефтепереработке и нефтехимии «Синтезис» (Санкт-Петербург, 2023); Конференции «Нефтепереработка и нефтехимия» компании «Энерджи Лидер» (Сочи, 2022); Конгрессе по нефтехимии и нефтепереработке России и СНГ «Синтезис-2022» (Москва, 2022); VII и VIII научно-технической конференции молодых специалистов ПАО «Газпромнефть» (Санкт-Петербург, 2019, 2018); Всероссийском конкурсе «Инженер года» в категории «Инженерное искусство молодых» 2020 г. в номинации «Нефтяная и газовая промышленность».

По материалам работы опубликовано 9 работ, в том числе 7 статей в российских рецензируемых научных изданиях из перечня рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 1 статья в других источниках, получен 1 патент Российской Федерации, а также тезисы докладов в трудах конференций различного уровня.

Структура и основные результаты

Диссертация Карпова А.Н. изложена на 143 страницах и включает введение, литературный обзор (глава 1), описание объектов и методов исследования (глава 2), изучение свойств узких керосиновых фракций различного происхождения (глава 3), описание способов достижения максимального отбора прямогонного керосина на действующем производстве (глава 4), исследование природы меркаптановых соединений, содержащихся во фракциях прямогонного керосина (глава 5), определение оптимальных условий гидрогенолиза тяжелых меркаптанов в реактивном топливе (глава 6), описание способа увеличения выхода реактивного топлива марки ТС-1 путем компаундирования керосинов различного происхождения (глава 7), заключение и список литературы из 86 источников.

В **первой главе** анализируются особенности качества реактивных топлив в зависимости от методов их получения и научно-прикладные аспекты известных методов очистки керосиновых фракций. Рассматриваются физико-химические свойства реактивных топлив и их компонентов, результаты теоретических и экспериментальных исследований процессов демеркаптанзации керосинов, а также статистические данные по производству реактивного топлива на НПЗ Российской Федерации.

Во **второй главе** приведены характеристики трубопроводной нефти, характерной для НПЗ центра европейской части Российской Федерации, производящих основной объем

реактивных топлив, а также прямогонных (ПГ), ГДМ керосиновых фракций, полученных в процессе гидрокрекинга вакуумного дистиллята (ГК) при давлении водорода 150 ати.

Разделение керосиновых фракций на узкие 10-ти градусные фракций проводилось на лабораторных установках AUTOMAX 9100 и Pilodist. Физико-химические характеристики и состав керосиновых фракций анализировались в соответствии с действующими стандартами ГОСТ 10227-86 и ASTM D 5442.

В **третьей главе** представлены результаты сравнительного анализа физико-химических характеристик и состава узких фракций прямогонного керосина, керосина гидродемеркаптанзации и гидрокрекинга. Используя эти данные, был создан экспериментальный образец прямогонного керосина, имеющий максимальный выход – 16,57 % масс.

Четвертая глава посвящена детальному исследованию практических аспектов внедрения методов повышения выхода реактивного топлива из прямогонного керосина. В работе рассматриваются два подхода к модернизации технологических процессов: строительство новых установок атмосферной перегонки и реновация существующих производственных мощностей.

При реализации нового строительства предполагается модификация параметров технологического режима, оптимизация конструкции установок и интеграция дополнительного оборудования. Такой подход позволяет существенно повысить эффективность переработки сырья и увеличить выход целевого продукта.

В случае реконструкции блока вторичной перегонки бензина в колонне К-10 предлагается изменить схему отбора фракций. В частности, фракция с интервалом кипения 90-130 °С будет направлена на риформинг в качестве бокового погона, тогда как фракция 130-180 °С, традиционно используемая для риформинга, станет неотъемлемой частью прямогонного керосина. Данная модификация технологического процесса приведет к увеличению доли прямогонного керосина до 16,57 %, при этом сырьевой поток, направляемый на риформинг, будет сокращен.

Во всех случаях увеличение выхода реактивного топлива происходит за счет снижения выхода, в основном, бензина и отчасти дизельного топлива. Применение одного из предложенных подходов приведет к увеличению выхода реактивного топлива на 5,3 %, что позволит повысить объем производства реактивного топлива ТС-1 на существующих нефтеперерабатывающих заводах центра европейской части России с 11,17 % до 16,57 %. Достижение такого результата станет возможным благодаря увеличению выхода прямогонных керосиновых фракций.

В **пятой главе** исследования представлен детальный анализ содержания меркаптанов в узких фракциях прямогонного керосина и соответствующих фракциях сырой нефти.

Установлено, что содержание меркаптанов в прямогонном керосине составляет около 172 ppm, что представляет собой увеличение в 1,5 раза по сравнению с аналогичными фракциями сырой нефти (около 122 ppm). Это объясняется тем, что около 70 % меркаптанов в прямогонном керосине непосредственно поступают из нефти, тогда как оставшиеся 30 % образуются в результате термического разложения сернистых соединений в процессе нагрева в печах и кубе колонн установок первичной переработки. Температурный режим в печи П-1 колонны К-1, не превышающий 360 °С, способствует разложению части нестойких сернистых соединений на более легкокипящие меркаптаны, которые затем выводятся с верха колонны К-1 и не попадают в прямогонный керосин.

В процессе нагрева в печи колонны К-2, температура достигает 380 °С. В условиях столь высокой термической нагрузки нестабильные сернистые соединения подвергаются деструкции, что приводит к образованию меркаптанов, которые затем концентрируются во фракциях прямогонного керосина.

Таким образом, существует возможность повышения температуры в печи П-1 и кубе колонны К-1, что позволит существенно снизить содержание меркаптановой серы в прямогонном керосине на 30 %.

В шестой главе содержатся результаты комплексного исследования, направленного на оптимизацию технологии гидродемеркаптанизации прямогонной керосиновой фракции. Данная технология активно применяется на производственных мощностях ПАО «Славнефть-ЯНОС» и ООО «Нижегороднефтеоргсинтез», что свидетельствует о ее высокой практической значимости и технологической эффективности.

На текущий момент перед предприятиями стоит актуальная задача замены импортного катализатора «СК-400» на его отечественный аналог «ГПК-302», что обусловлено как экономическими, так и геополитическими факторами. Поэтому, была проведена тщательная оценка потенциала получения реактивного топлива ТС-1 и его зарубежного аналога Джет А-1, обладающего утяжеленным фракционным составом, с использованием процесса гидродемеркаптанизации на отечественном катализаторе ГПК-302, что позволяет диверсифицировать ассортимент продукции и повысить ее конкурентоспособность на международном рынке.

В седьмой главе, основываясь на комплексном анализе влияния керосиновых фракций процесса гидродемеркаптанизации, и керосина гидрокрекинга на эксплуатационные характеристики реактивного топлива, был разработан подход для повышения выхода топлива ТС-1. Моделирование различных рецептур реактивного топлива, учитывающее критически важные параметры узких керосиновых фракций, такие как температура начала кристаллизации, содержание ароматических углеводородов и температура вспышки,

позволило найти оптимальный состав с максимальным суммарным выходом товарного керосина до 20,15 %.

В этом оптимальном сочетании гидродемеркаптанализированный керосин, обогащенный н-алканами, показывает значительное улучшение показателей низшей теплоты сгорания и высоты некоптящего пламени. В то же время, керосин гидрокрекинга, характеризующийся пониженным содержанием нормальных парафинов, способствует увеличению температуры начала кристаллизации, что является важным фактором для обеспечения эксплуатационной стабильности топлива.

Таким образом, при смешении керосина ГДМ и керосина ГК достигается аддитивный эффект, позволяющий расширить фракционный состав обоих компонентов и увеличить итоговый выход реактивного топлива.

В **заключении** представлены результаты анализа, обобщенные в виде ключевых выводов, которые полностью согласуются с данными, полученными в ходе проведенного исследования и с уже существующими литературными данными.

Вместе с тем, при прочтении диссертационной работы возникли следующие **замечания и предложения**:

1. В разделе 4.2 работы не указывается, к какому предложению модернизации установок первичной переработки нефти относится представленный материальный баланс с максимальным выходом керосиновой фракции.

2. В автореферате, в части гидрокаталитического превращения меркаптановых соединений, следовало бы подробнее раскрыть результаты экспериментов, а в самой работе уделить внимание стадиям подготовки каталитической системы.

3. В качестве дальнейшего развития работы было бы интересно рассмотреть изменение группового химического состава продуктов установок каталитического риформинга после внедрения предложенных схем работы установок атмосферной перегонки, а также материальный баланс завода в части производства бензинов, дефицит которых наблюдается на рынке в последнее время.

Представленные замечания носят рекомендательный характер и не влияют на положительную оценку работы.

В целом, диссертационное исследование выполнено на высоком уровне, текст работы написан научным языком и легко воспринимается. Все главы связаны между собой и дополняют друг друга, определяют целостность и завершенность работы. В исследовании проанализирован значительный объем экспериментальных данных, полученных с помощью различных физико-химических методов, что потребовало от автора не только навыков проведения экспериментов, но и глубоких теоретических знаний для их интерпретации.

Считаю, что диссертационная работа «Взаимное влияние свойств узких керосиновых фракций на увеличение выхода реактивного топлива» по своей актуальности, новизне, научной и практической значимости, объему исследований и достигнутым результатам полностью отвечает квалификационным требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции, предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук. В работе представлены научно обоснованные технологические подходы, важные для нефтехимической отрасли и развития страны, так как они решают актуальную задачу нефтехимии, связанную с острой необходимостью России в увеличении производства высококачественного реактивного топлива марки ТС-1. Автор диссертационной работы – Карпов Андрей Николаевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия.

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
2.6.12 (05.17.07) – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ,
профессор кафедры Технологии нефти и газа
Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»



Давлетшин Артур Раисович

« 16 » сентября 2026 г.



Подпись Давлетшина А.Р. заверяю:



Сведения об официальном оппоненте:

Давлетшин Артур Раисович, доктор технических наук по специальности 2.6.12 (05.17.07) – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Профессор кафедры Технологии нефти и газа Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Е-mail, телефон официального оппонента: davletshinar@list.ru, +7(919)1544910.

Почтовый адрес ФГБОУ ВО УГНТУ: 450064, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1.

Тел: +7 (347)243–15–35.

Е-mail: tngrusoil@mail.ru.

05-8788
26 01 2026 г.
подпись 