

ОТЗЫВ

официального оппонента профессора Капустина Владимира Михайловича на диссертационную работу Гималетдинова Рустама Рафаиловича «Оптимизация процесса висбрекинга гудрона парафинистой нефти с целью увеличения выхода и повышения фазовой стабильности остатков», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

1. Актуальность темы диссертационной работы

Процесс висбрекинга получил достаточно широкое распространение в нефтеперерабатывающей промышленности благодаря относительно простому составу технологического оборудования, меньшей капиталоемкости по сравнению с другими процессами переработки нефтяных остатков, а также возможности достаточно эффективно перерабатывать тяжелые нефтяные остатки и получать из них топочный мазут, судовое топливо и дистилляты для производства моторных топлив. При этом основной проблемой, с которой сталкиваются в процессе термической переработки высокопарафинистых и асфальто-смолистых нефтей, является получение стабильного топлива. Этот показатель является критическим для топлив на основе остатков висбрекинга, т.к. определяет возможность его длительного безопасного хранения, транспортировки, фильтрования и перекачки по топливной системе без образования отложений. В связи с этим разработка научных основ и закономерностей процесса висбрекинга с целью улучшения стабильности крекинг-остатка и повышения выхода дистиллятов, полученных из высокопарафинистых нефтей, является актуальной задачей.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, поскольку они получены с использованием современных методов (ЯМР спектроскопия, ИК-спектроскопия с Фурье-преобразованием сигналов, ЭПР спектроскопия, электронная феноменологическая спектроскопия, колориметрия) и классических методов исследований, и подтверждены многочисленными практическими данными.

Проведены расчеты технологического оборудования с использованием надежных алгоритмов и программ. Отбор проб на аналитические исследования проведен методически правильно. Работа использует современные представления о структуре НДС. Выводы о проведении

технологического процесса, полученные в диссертации, обоснованы опытно-промышленными экспериментами.

3. Достоверность и новизна диссертационной работы

- На основе представлений о процессе осаждения асфальтенов впервые разработана новая колориметрическая методика исследования показателя фазовой стабильности остатков висбрекинга – общего потенциального осадка (ОПО).
- С применением физико-химических методов анализа установлены структурно-химические характеристики сырья и продуктов висбрекинга из парафинистой Усинской нефти, которые свидетельствуют о преобладании алифатических групп в сырье и продуктах висбрекинга и уменьшении количества смол и асфальтенов в остатках.
- Установлено влияние на фактор стабильности и ОПО сырья и продуктов висбрекинга следующих показателей: энергии межмолекулярного взаимодействия нефтяных дисперсных систем, содержания асфальто-смолистых веществ, ароматических и парафино-нафтенных групповых компонентов.

На примере Усинской нефти выполнены расчеты показателя пригодности сырья к переработке и фактора стабильности. Теоретические расчеты подтверждаются практическими данными по работе промышленной установки о необходимости использования разбавителей при переработке гудрона Усинской нефти в процессе висбрекинга.

Логическим продолжением работы является проведенное автором исследование структурно-химических особенностей сырья и продуктов висбрекинга инструментальными методами – ПМР и ИК-Фурье спектроскопии. На их основе показана динамика изменения степени ароматичности в процессе висбрекинга, а также подтвержден ранее сделанный вывод о большей ароматичности продуктов висбрекинга по сравнению с сырьем – гудроном Усинской нефти. Данный вывод хорошо согласуется с результатами анализа коксуетости ВБО и гудрона.

Рассчитанные на основании методов ЭФС средняя молекулярная масса и энергия межмолекулярного взаимодействия остатка висбрекинга и гудрона в явном виде демонстрируют процесс перестройки коллоидной структуры НДС. При этом с ростом количества АСВ резко увеличивается энергия межмолекулярного взаимодействия ядер ССЕ. С другой стороны, эта энергия уменьшается с ростом количества парафино-нафтенных углеводородов. Отсюда автором сделан логичный вывод, что для повышения стабильности остатка висбрекинга необходимо добавлять балансовое количество парафино-

нафтеновых углеводородов, которое уменьшает энергию взаимодействия ядер ССЕ, состоящих из асфальто-смолистых веществ. Поэтому введение вакуумного газойля, содержащего до 40-45% масс. парафино-нафтеновых углеводородов способствует стабилизации продуктов висбрекинга.

Диссертантом также впервые установлена зависимость между значением ОПО и величиной красной координаты цвета осадка в колориметрической системе sRGB на хлопчатобумажном фильтре. В результате исследований была предложена эмпирическая математическая модель осаждения асфальтенов, которая позволяет с удовлетворительной точностью прогнозировать значения ОПО. На основе модели предложена колориметрическая методика определения общего потенциального осадка, сокращающая время определения значения ОПО по сравнению с методикой по ГОСТ 33360-2015. Предложенная методика может иметь существенную практическую значимость, являясь экспресс методом определения ОПО в процессе эксплуатации установок висбрекинга.

4. Основные результаты, имеющие теоретическую и практическую значимость

Теоретическая значимость работы заключается в интерпретации данных эксперимента на основе теории нефтяных дисперсных систем (НДС) и представлении остатка и сырья висбрекинга парафинистой нефти как дисперсной системы, включающей мальтеновую дисперсионную среду, насыщенную парафинами, и дисперсную фазу асфальто-смолистых веществ (АСВ) и мицелл в виде сложных структурных единиц (ССЕ), включающих слои групповых компонентов от асфальтенов, образующих ядро мицелл до парафино-нафтеновых углеводородов в периферийной части.

Практическая значимость заключается в следующем. Разработаны рекомендации по оптимальным режимам работы установок висбрекинга с целью увеличения выхода и стабильности получаемого висбрекинг-остатка. Важной практической частью работы стал расчет реакционной печи, учитывающий физико-химическую гидродинамику двухфазного многокомпонентного потока, который показал возможность увеличения температуры в змеевике печи с 430 до 450-455 °С, что позволяет увеличить выхода дистиллята с одновременным обеспечением качества остатка висбрекинг по всем показателям, в том числе по ОПО.

Кроме того, бесспорным преимуществом работы является проведение опытно-промышленных пробегов, показавших целесообразность разработанных рекомендаций.

Даны рекомендации по компаундированию нефти.

По итогам работы предложен практический инструмент для экспресс-оценки определения показателя ОПО, а также предложены варианты оптимизации режима работы установки висбрекинга с целью увеличения выхода и стабильности получаемого висбрекинг-остатка. Полученные диссертантом данные могут быть использованы для промышленного применения на действующих установках висбрекинга.

5. Конкретные пути использования результатов

Разработки, предложенные в диссертации, могут быть использованы на предприятиях нефтегазоперерабатывающего профиля, топливно-энергетической промышленности, а также в нефтехимии. Установленные в ходе исследования закономерности могут быть практически применены в системе технического контроля качества углеводородного сырья на НПЗ, которая может быть имплементирована в АСУ ТП.

6. Оценка содержания диссертации

Диссертация Р.Р. Гималетдинова состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованных источников из 151 наименований и изложена на 156 страницах машинописного текста, включая 27 формул, 42 таблицы и 47 рисунков.

В первой главе представлен литературный обзор термических процессов переработки нефтяных остатков и выявлены основные преимущества процесса висбрекинга. В обзоре описаны различные технологические схем процесса висбрекинга и представлены направления для оптимизации процесса с целью повышения выхода дистиллятов и повышения стабильности крекинг-остатка.

На основе проведенного анализа имеющейся информации диссертантом сформулированы основные цели и направления исследования и обоснована актуальность темы диссертации.

Во второй главе описаны объекты исследования, приведены их физико-химические свойства, групповой углеводородный состав, а также представлены используемые методики анализов и экспериментов.

В третьей главе диссертационной работы автором рассматриваются вопросы влияния состава и свойств сырья на фазовую стабильность остатка висбрекинга.

Важными для практического применения являются результаты, представленные в **четвертой главе**. Она посвящена разработке технических решений по оптимизации работы установок висбрекинга с целью повышения выхода и фазовой стабильности крекинг-остатков. Как было показано в предыдущих главах диссертации необходимо стабилизировать коллоидную

систему гудрона Усинской нефти. В качестве такого компонента автором предлагается использовать гудрон Ярегской нефти. Данные по групповому составу и расчет фактора стабильности гудрона Ярегской нефти свидетельствует о его фазовой устойчивости, а присутствующие в необходимом количестве смолы и ПАУ, сольватируют ядра асфальтенов и тем самым повышают устойчивость общей коллоидной системы.

В **заключении** отражены выводы и основные результаты, достигнутые в ходе подготовки работы.

7. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научных изданиях

Основное содержание диссертации изложено в 3 статьях в журналах базы Scopus, 7 статьях в рецензируемых научно-технических журналах ВАК, 2 монографиях и 3 публикациях в материалах конференций, и получено 3 патента РФ.

8. Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям, идеям и выводам диссертационной работы.

9. Замечания по работе

По рецензируемой диссертации имеются следующие замечания:

1. При разработке методики колориметрического определения ОПО автор ограничивается сырьем парафинистых нефтей. На мой взгляд, следовало бы распространить методику на объекты другой природы.

2. Зависимость энергии ММВ от суммы смол и асфальтенов, представленная на рисунке 3.15, получена только по небольшому числу данных. Такая аппроксимация является недостаточно точной, особенно с учетом большой разницы в данных для первых двух точек. Целесообразно провести дополнительные расчеты и получить данные, которые подтверждают найденную тенденцию, исключают погрешности измерений и случайные отклонения.

3. Имеются неточности в описании экспериментов по определению структурно-химических характеристик и в графическом оформлении материала.

Приведенные выше замечания не снижают несомненную ценность проведенных исследований и общую положительную оценку диссертационной работы.

10. Заключение

Таким образом, диссертация Р.Р. Гималетдинова на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, позволившие оптимизировать процесс висбрекинга гудрона парафинистой нефти. Общее содержание диссертации, высокий уровень выполнения ее частей и достигнутые результаты позволяют считать, что она отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013), предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени кандидата наук, а соискатель Гималетдинов Рустем Рафаилович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. – «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ».

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
технологии переработки нефти
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина



Капустин Владимир Михайлович

«13» ноября 2025 г.

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Контактные данные:

Адрес места работы: 119991, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1;
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», факультет химической технологии и экологии.

Тел.: +7 (499) 507-85-98, e-mail: vmkapustin@mail.ru

