

ОТЗЫВ

официального оппонента Занозиной Ирины Интерновны
на диссертационную работу Рустема Рафаиловича Гималетдинова
«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

Отзыв составлен на основании изучения диссертации, автореферата, ряда публикаций
по теме исследования, включая статьи, вышедшие в свет в 2025 году.

1. Актуальность темы диссертации

Тема диссертационного исследования, к которой обратился автор Гималетдинов
Рустем Рафаилович, в настоящее время ещё более актуальна, поскольку в России полным
ходом идет импортозамещение по всем направления деятельности, включая
нефтепереработку и нефтехимию. Автор касается не только *технологических решений* по
интенсификации процесса висбрекинга и увеличения глубины переработки, в частности,
высокопарафинистой Усинской нефти на предприятии ООО «ЛУКОЙЛ-УНП», но и
оптимизации лабораторного аналитического контроля, что в первую очередь
предусматривает *оперативность* получения информации об *изменении качества*
сырьевого потока установок висбрекинга для производства конкурентоспособной
продукции.

Автор реализует поставленные цели путем исследования взаимосвязи оптических и
физико-химическими свойств (ФХС) сложных нефтяных дисперсионных систем, какими
являются сырье и продукты процесса висбрекинга. В ходе экспериментальных и детальных
теоретических исследований разрабатывается методика оценки «общего потенциального
осадка» (ОПО) – показателя стабильности тяжелых дистиллятных и остаточных нефтяных
фракций/продуктов на основе колориметрии с применением отечественного спектрометра
для последующей унификации и отказа при оперативном аналитическом контроле от
затратного ГОСТ 33360-2015*, являющегося аутентичным переводом тестов зарубежной
системы качества (IP 375 «Общий осадок в остаточных топливах», IP 390 «Стандартные
условия испытания остаточных топлив на старение»), и предусматривающего
использование лабораторного оборудования зарубежных производителей.

Решения стратегических задач по оптимизации процесса висбрекинга на одном
предприятии могут стать тиражируемыми с учетом качества нефти, поступающей в
переработку, что подтверждает актуальность настоящей диссертационной работы.

*Топлива остаточные. Определение прямогонности. Метод определения общего осадка

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

Гималетдиновым Р.Р. для изучения взаимосвязи между физико-химическими характеристиками нефтяных дисперсных систем и показателями стабильности продуктов висбрекинга используется подход, основанный на установлении связи ФХС с информацией, полученной с применением комплекса спектральных методов и термического анализа (описано в гл.3). К примеру, для характеристики стабильности сырья и продуктов висбрекинга предложен показатель *фактор стабильности*, учитывающий структуру мицелл сложных структурных единиц (ССЕ). Проведена оценка связи *фактора коллоидной стабильности* с энергией межмолекулярного взаимодействия (ММВ) и т.д.

По каждому объекту исследований наработан достаточный объем данных для подтверждения правильности измерений и установленных закономерностей. Представлены результаты экспериментальной работы по изучению таких ФХС объектов как структурно-групповой и фракционный состав, кинематическая и условная вязкость, содержание серы, коксуемость, молекулярная масса. Все экспериментальные данные получены с применением современного лабораторного оборудования, статистический анализ экспериментальных данных выполнен с использованием программного комплекса на платформе MS Excel.

Технические решения, предложенные диссертантом и реализованные в три этапа согласно разработанной Программы фиксированного пробега на установке Висбрекинг действующего предприятия, позволили при регулировании отдельных параметров: температуры сырья на выходе из печи П-1 и давления в сокинг-камере К-1, установить конкретные факты эффективности процесса, согласующиеся с теорией коллоидного строения нефтяных дисперсных систем, и определить оптимальный состав сырья.

Основные положения, рекомендации и выводы, прописанные Р.Р. Гималетдиновым, не противоречат результатам ранних исследований в области разработки теоретических основ и изучения химии процессов висбрекинга, и в работах уфимской научной школы по изучению закономерностей типа «структура-свойства» и «спектр-свойства», являются логическим продолжением научного направления, возглавляемого профессором М.Ю. Доломатовым.

Материал диссертации широко представлен в 18 научно-технических публикациях: 2 монографии; 3 статьи – в журналах, индексируемых Scopus и Web of Science, 7 статей – в журналах из списка ВАК; три работы докладывались на форумах и конференциях. Имеются 3 патента РФ.

3. Новизна диссертационной работы

Автором впервые разработана методика прогнозирования показателя фазовой стабильности остатков висбрекинга – общего потенциального осадка (ОПО) на основе колориметрии и представлений о процессе осаждения асфальтенов.

С применением современного комплекса инструментальных методов для сырья и продуктов висбрекинга из парафинистой Усинской нефти установлены физико-химические характеристики и структурно-групповой состав, что свидетельствует о преобладании алифатических групп в сырье и продуктах висбрекинга, и уменьшении количества смол и асфальтенов в остатках.

Установлено влияние ряда показателей: энергия межмолекулярного взаимодействия нефтяных дисперсных систем, содержание асфальто-смолистых веществ, ароматических и парафино-нафтеновых групповых компонентов; на фактор стабильности и ОПО сырья и продуктов висбрекинга.

4. Основные результаты, имеющие теоретическую и практическую значимость

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в интерпретации экспериментальных данных согласно 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 ценность результатов исследований состоит в следующем:

Разработаны рекомендации по оптимальным режимам работы установок висбрекинга с целью увеличения выхода и стабильности получаемого висбрекинг-остатка

Организованы и проведены опытно-промышленные пробеги, подтвердившие целесообразность разработанных рекомендаций.

Даны рекомендации по компаундированию нефти, сырьевых компонентов установки висбрекинг – гудрона Усинской нефти с гудроном Ярегской нефти.

Результаты диссертационного исследования необходимо внедрять в учебные процессы вузов по специальности «Химическая технология переработки нефти и газа».

5. Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа Гималетдинова Р.Р. изложена на 156 листах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, выводов, перечня обозначений и сокращений, списка литературы, включающего 151 наименование. В приложении представлена копия

документа - «Акт проведения фиксированного пробега на установке висбрекинг ООО «ЛУКОЙЛ-УНП».

Во **введении** рассмотрены актуальность и степень разработанности выбранной темы, описаны цель, основные задачи, положения, выносимые на защиту, сформулированы научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Первая глава с общим названием «Особенности современных термических процессов» представляет собой детальный обзор научно-технической литературы по главному направлению деятельности любого нефтеперерабатывающего предприятия - увеличение глубины нефтепереработки путем применения оптимального комплекса технологических процессов и выработка конкурентоспособной продукции, пользующейся потребительским спросом. Автор диссертации на основе анализа публикаций разных лет подтверждает и обосновывает преимущества процесса висбрекинга по сравнению с замедленным коксованием и гидрокрекингом гудрона, в первую очередь из-за простоты технологической схемы, во-вторых, имеющегося значительного практического опыта эксплуатации так называемых «традиционных технологий» и за рубежом, и в России. Диссертант в литературном обзоре намеренно уделит большое внимание *химизму термической деструкции тяжелых нефтяных остатков*, что позволяет объяснить в итоге получение качественного или нестабильного целевого продукта, например, топочного мазута. Автором приводятся современные сведения о строении и коллоидных свойствах нефтяных дисперсионных систем (НДС), которые обуславливают фазовую устойчивость сырья и продуктов термических процессов переработки нефти.

Во **второй** главе даны характеристики объектов исследования: образцов Усинской высокопарафинистой нефти, поступающей в переработку на ООО «ЛУКОЙЛ-УНП», гудрона АВТ, дистиллятных фракций-разбавителей. Описаны и проиллюстрированы процедуры пробоподготовки и измерения отдельных показателей качества. Даны характеристики широкого перечня инструментальных методов и основной приборной базы, применяемой в исследованиях. Кроме того, диссертант для оценки достоверности результатов эксперимента применял программный комплекс статистического анализа.

Третья глава посвящена комплексному физико-химическому исследованию сырья и продуктов действующей промышленной установки висбрекинга, в том числе остатка (ВБО). Диссертант приводит усредненные данные (из серии испытания порядка 20-25 образцов) исследования структурно-группового состава, наличия серы, изменения кинематической вязкости, коксуемости, ОПО и др. Изучение фазовой стабильности указанных объектов исследования и мазута узла смешения позволило констатировать следующее: содержание асфальтенов 3-4 % масс.; сумма ароматических соединений 45-

55% масс.; сумма парафино-нафтеновых 15-35 % масс.; а также установить некую закономерность, что с ростом суммы парафинов и асфальтенов (*парафины являются осадителями асфальтенов*) стабильность системы возрастает. Сделано предположение об особенностях межмолекулярного взаимодействия сложных структурных единиц в НДС.

Применение методов ИК-Фурье-спектроскопии и проточно-магнитного резонанса (ПМР) позволило оценить структурные параметры «средних молекул» сырья и продуктов процесса висбрекинга, сделать вывод о высокой «парафинистости» ВБО. Сопоставление результатов исследований методами термического анализа (ТГ, ДТА), электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР) показало, что кроме деструкции в условиях висбрекинга протекают процессы гомолитической диссоциации С-С связей смол, асфальтенов и полициклических ароматических соединений. Повышенное содержание свободных радикалов является источником образования кокса. Данные, полученные с применением электронной феноменологической спектроскопии (ЭФС) по соотношению «спектр-свойство», в частности, по коксуемости согласуются с результатами ТГА и др. методов.

В подразделе главы 3.6 автор ведет речь о межмолекулярном взаимодействии и стабильности коллоидных НДС, представляет реальные данные по изменению ФХС объектов: от сырья до ВБО и мазута смешения. Поскольку нефтяные остатки представляют собой не истинные растворы, а коллоидную систему, в которой асфальтены находятся в дисперсной фазе, то увеличение парафинистой дисперсионной среды способствует структурированию асфальтенов в мицеллы и последующей коагуляции, уменьшению стабильности НДС остатка висбрекинга. В итоге автор обозначает критическим значение энергии ММВ более 36 кДж/моль, когда НДС теряет устойчивость. Гималетдинов Р.Р. уделяет большое внимание вопросу взаимосвязи фактора стабильности сырья и ОПО продуктов висбрекинга с энергией ММВ в НДС. В виде гистограмм представлены варианты зависимости изменения энергии ММВ от различных параметров, например, от суммарного содержания смол и асфальтенов (рис.3.14), от количества парафино-нафтеновых углеводородов (рис. 3.15). На основании выполненных исследований показано, что исходный гудрон – сырье установки висбрекинга, является наименее стабильным, отсюда трудно крекируемым и сложным для переработки. Добиться снижения энергии ММВ с уменьшением ОПО и повышения стабильности продуктов висбрекинга возможно введением газойлевой фракции с АВТ.

Необходимо отметить, что в ходе диссертационного исследования разработана методика оценки общего потенциального осадка (ОПО) в тяжелых продуктах на основе установления взаимосвязи между количеством ОПО и цветовыми характеристиками осадка в колориметрической системе sRGB, ранее созданной для стандартизации цветовых

параметров изображений. При разработке математической модели формирования цвета осадка было сделано предположение о нелинейности связи между координатами цвета и содержанием осадка, а также принято решение анализировать площади изображения осадков в наиболее информативной красной области (R_{sRGB}). В итоге имеется возможность прогнозирования ОПО методом колориметрии.

В *четвёртой* главе представлены результаты, имеющие важное значение для нефтепереработки в целом. Автор разрабатывает технические решения для эффективной эксплуатации конкретной установки висбрекинга остатков парафинистой Усинской нефти с целью повышения выхода и фазовой стабильности остатков за счет оптимизации режимов печи, колонны и состава сырья.

Немаловажную часть работы представляют технологические расчеты. На основе алгоритмов и программ, математических моделей, разработанных учеными УГНТУ, БашНИИ НП и др., выполнен расчет реакционно-нагревательной печи, учитывающий физико-химическую гидродинамику двухфазного многокомпонентного потока. Расчет ректификационной колонны К-3 выполненный с помощью программы ASPEN HYSYS показал неэффективность работы и факт, что увеличение конверсии при повышении температуры на выходе обеспечит работоспособность печи, и К-3, однако необходимы дополнительные данные.

Для стабилизации коллоидной системы НДС гудрона Усинской нефти автором предложено использовать гудрон Ярегской нефти, физико-химические характеристики которого приведены в работе, и сумма парафино-нафтеных и ароматических углеводородов в нем достигает почти 59% масс. Лабораторные исследования и опытно-промышленные испытания подтвердили целесообразность авторского решения. Выполненные расчеты показали возможность увеличения температуры в реакционном змеевике печи с 430 до 450-453°C, что позволяет увеличить выхода дистиллята с одновременным сохранением качества остатка висбрекинга с ОПО не более 0,1% и снижением вязкости в 5-6 раз при условии вовлечения не менее 20-30 % гудрона Ярегской нефти.

На основе предложенных технических решений автору не только удалось повысить стабильность остатка и топочного мазута, но и увеличить на 6 % масс. его выход, что дает существенный эффект в условиях крупнотоннажного производства.

В *выводах по главам и общем заключении* по работе представлены итоги диссертационного исследования, полученные Р.Р. Гималетдиновым.

6. Соответствие автореферата по содержанию диссертации

Автореферат по структуре, содержанию, оформлению соответствует требованиям ВАК РФ. Текст, рисунки/графические зависимости, табличные данные, выводы автореферата соответствуют полностью материалам, изложенным в диссертации.

7. Замечания по работе

Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, однако есть следующие вопросы и замечания.

1. В разделе «Инструментальные спектроскопические методы анализа» (гл.2) автор при описании методик использует фреймовый подход – способ представления знаний. В данном случае Р.Р. Гималетдинов структурирует и систематизирует важную информацию в виде фреймов (рис.2.4, 2.6 и др.), показывает от чего к чему следует двигаться при выполнении эксперимента, но при написании научной работы не упоминает о теории Фрейма, которая используется в различных областях для представления знаний.

2. Математическое моделирование ректификационной колонны К-3 в диссертационном исследовании выполнено с применением зарубежного «программного продукта». Есть ли вероятность апробации и применения в дальнейших работах отечественных аналогов, разработка которых возобновилась в настоящее время (?)

3. В диссертации имеются технические опечатки (с.82,87,89, 95, 125 и др.). Например, на рис.3.14 и 3.15 представлены совершенно разные зависимости, ошибочно дано одно и тоже название. Или при написании цифровых значений выхода ОВБ на с.125 указано - «с 6,2 до 6,62%», что ошибочно; на с.129 в п.7 верно - «увеличение выхода остатка висбрекинга с 62% масс. до 66,2 % масс.»

Выше перечисленное не носит принципиального характера и не снижает научную новизну и практическую ценность результатов комплексных исследований, выполненных и представленных Р.Р. Гималетдиновым.

8. Заключение

Диссертационная работа Рустема Рафаиловича Гималетдинова «Оптимизация процесса висбрекинга гудрона парафинистой нефти с целью увеличения выхода и повышения фазовой стабильности остатков», полностью соответствует паспорту специальности 2.6.12. – «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ», является завершенной научно-квалификационной работой.

По актуальности, научной новизне, практической значимости и объему выполненных исследований диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября

2013г. № 842 (ред. от 25.01.2024г.). В диссертации представлены новые научно обоснованные закономерности взаимосвязи оптических и физико-химических свойств сырья и продуктов висбрекинга парафинистой Усинской нефти, что имеет существенное значение для практического применения в процессе интенсификации и модернизации технологических процессов и аналитического контроля нефтеперерабатывающих производств, ТЭК РФ в целом.

Автор диссертационной работы Гималетдинов Рустем Рафаилович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. – «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ».

Доктор технических наук
(02.00.13 – «Нефтехимия»),
начальник отдела качества нефти и
нефтепродуктов – испытательный
центр «Нефть, нефтепродукты и
химреагенты»
АО «Средневожский научно-
исследовательский институт по
нефтепереработке»

Занозина Ирина Интерновна
« 01 » декабря 2025 г.

Адрес: 446200, Российская Федерация, Самарская область, г. Новокуйбышевск, ул. Научная, зд. 1.
АО «Средневожский научно-исследовательский институт по нефтепереработке»
Телефон: 8(84635) 3-59-81
E-mail: zanozinaii@sni.rosneft.ru

Подпись Занозиной Ирины Интерновны заверяю:
Ведущий специалист по персоналу
сектора по персоналу и социальным программам
Соловьева О.М.

