

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Андрейкова Евгения Иосифовича на диссертационную работу Бурангулова Данияра Загировича на тему «Макрокинетические закономерности процессов формирования игольчатого кокса из ароматических углеводородных фракций», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. – «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»

### **1. Актуальность темы диссертационной работы**

Организация производства игольчатого кокса является неотложной научно-технической задачей для РФ, решение которой позволит обеспечить высококачественным сырьем производство графитированных электродов для электрометаллургии. Стабильное производство игольчатого кокса высокого качества связано с решением ряда сложных научно-технических проблем: обоснованного выбором сырья, разработки методов контроля состава сырьевых потоков в условиях непрерывной технологии, оптимизации стадии коксования. Трудность изучения этих вопросов определяется, прежде всего, сложностью химического состава нефтяного сырья, что может быть преодолено разработкой макрокинетических подходов к описанию процесса. Поэтому диссертационная работа Бурангулова Данияра Загировича, посвященная макрокинетическим закономерностям процессов формирования игольчатого кокса из ароматических углеводородных фракций, является, несомненно, актуальной.

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

Представленные в диссертационной работе научные положения и рекомендации обоснованы глубоким анализом как отечественных, так и зарубежных источников литературы и грамотной обработкой результатов экспериментов, выполненных по стандартным методикам. Основные положения и рекомендации являются аргументированными и полностью раскрывают цель и задачи работы. Выводы в диссертационной работе научно обоснованы и базируются на проведенных экспериментальных исследованиях.

### **3. Достоверность и новизна результатов исследования**

Достоверность результатов исследования не вызывает сомнений и основана на применении современных экспериментальных и кинетических методов исследования процессов дистилляции и коксования нефтяного сырья, стандартных методик для характеристики исходного сырья и продуктов коксования.

Новизна результатов определяется впервые полученными данными исследования макрокинетики термоллиза газойля каталитического крекинга и его

фракций по выходу дистиллятов и остатка термолиза. Впервые исследованы морфологические изменения остатков термолиза ТККК и его дистиллятных фракций в интервале температур термолиза 450 - 500 °С и временах процесса от 90 до 240 мин. Получены данные по макрокинетике изменения физико-химических характеристик дистиллятов, концентрации парамагнитных центров по методу ЭПР и определенных спектроскопическими методами средней молекулярной массы и коксуемости по Конрадсону.

#### **4. Значимость для науки и практики результатов диссертации**

В работе представлены новая информация, полученная в результате макрокинетического подхода к исследованию процессов термолиза нефтехимических ароматических фракций с целью получения игольчатого кокса, которая использована для оптимизации состава исходного сырья и технологических рекомендаций для этого процесса.

Предложена новая технологическая схема получения игольчатого кокса. Показано, что результаты макрокинетического исследования процесса термолиза могут быть использованы для подбора режимов формирования мезофазных пеков и игольчатого кокса. Полученные результаты используются в исследовательской работе и учебном процессе ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

#### **5. Оценка содержания диссертации**

Представленная к защите диссертационная работа Бурангулова Д.З. изложена на 206 страницах состоит из введения, четырех глав, выводов и списка использованных источников. Список использованных источников состоит из 225 наименований. Работа содержит 50 таблиц, 17 формул, 74 рисунка и 3 приложения.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая ценность диссертационной работы.

В первой главе представлен литературный обзор существующих процессов термолиза тяжелого нефтяного сырья с акцентом на получение игольчатого кокса, существующие представления о факторах, определяющих его структуру. Следует отметить обстоятельное изложение и обсуждение автором диссертации результатов работ отечественных исследователей, внесших существенный вклад в развитие термолитических процессов переработки тяжелого нефтяного сырья. В выводах по первой главе сформулированы основные особенности процесса карбонизации декантоyleй, которые должны быть положены во главу угла при разработке технологии их коксования с получением игольчатого кокса.

Во второй главе приведены сведения о стандартных методах исследования сырья и продуктов коксования, использованных в работе, характеристики исходного сырья ТГКК «Уфанефтехим». Представлена методика проведения термолиза нефтяного сырья на лабораторной установке, Приведены сведения о методах исследования физико-химических свойств дистиллятов методами ИК-спектроскопии с Фурье-преобразованием и электронной феноменологической спектроскопии, а, также, методом ЭПР. Микроструктура поверхности образцов твердого продукта коксования определялась с использованием поляризационной микроскопии.

В третьей главе представлены результаты исследования макрокинетики процессов термолиза исходного ТГКК и его дистиллятных фракций 350-400, 400-450 и 450+°С. Для обработки результатов использовалась модель нестационарной кинетики. Рассчитаны эффективные кинетические параметры процесса термолиза исходного ТГКК и его фракций при 450 и 480°С, сделан вывод о диффузионном характере процесса формирования углеродной матрицы в жидкой фазе. К основным результатам работы относятся полученные данные о кинетике образования мезофазы из исходного ТГКК и его дистиллятных фракций в интервале температур 450-500°С. На высоком уровне выполнены исследования морфологии твердых продуктов коксования в зависимости от температуры и времени процесса термолиза. Показано, что при температурах 480 и 500°С дистиллятная фракция ТГКК 450+ °С образует высококачественную мезофазу. Наибольшая анизотропия наблюдается при термолизе этой фракции при 500 °С.

Анализ этих данных, выполненный в четвертой главе, показал, что дистиллятные фракции ТГКК 400+°С обеспечивают больший выход высококачественного кокса с балльностью до 7. Подробно обсуждена предложенная принципиальная технологическая схема процесса коксования. В главе приводится экономическое обоснование эффективности реконструкции существующей установки замедленного коксования (УЗК) с целью получения игольчатого кокса. Также в главе рассматривается возможность прогнозирования пригодности нефтяного сырья для получения игольчатого кокса по спектроскопическим дескрипторам, что позволит упростить оценку качества сырья для получения игольчатого кокса за счет исключения трудоемких методик определения нерастворимых в хинолине веществ и подготовки графитов из полученных коксов для измерения КТР.

Сформулированные выводы по работе показывают, что в ней получено решение поставленных задач и достигнута цель работы.

Диссертационная работа является завершенным научным трудом, оформленным в соответствии с требованиями ВАК Российской Федерации.

## **6. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научных изданиях**

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 11 научных трудах, из которых 2 статьи в журналах, индексируемых Scopus, 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, получен один патент, в материалах конференций опубликовано 5 работ.

## **7. Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации**

Содержание автореферата полностью отражает основные идеи и выводы диссертационной работы.

## **8. Замечания по работе**

1. В обширном и хорошем литературном обзоре встречаются отдельные неточности. Так цитируемые работы [55] и [56] посвящены получению металлургического кокса из угольной шихты и не связаны с тематикой диссертации, работа [187] не содержит требований к нефтяным пекам. При изложении технологии получения графитированных электродов (стр. 47) следовало привести температурные параметры стадии обжига, предшествующей стадии графитации и, в значительной мере определяющей качество продукции.

2. В таблице 2.6 (Характеристические частоты ИК-спектров декантоля) приведены не все значения полос поглощения для групп  $-\text{CH}_3$  и  $-\text{CH}_2-$ .

3 При обсуждении кинетических данных проводится сравнение значений эффективных констант скоростей, рассчитанных с использованием кинетических уравнений при существенно отличающихся значениях фактора нестационарности  $n$ . Насколько это обоснованно?

4. Как можно объяснить сильные изменения значений физико-химических характеристик дистиллятов коксования, отобранных в течение 90 и 240 минут, при фактических данных, что за этот период времени масса дистиллята, особенно при температурах термоллиза 480 и 500°C, увеличивается незначительно. Например, при 500°C выход дистиллята увеличивается с 73 до 76%, то есть всего на 3%, а среднечисловая молекулярная масса дистиллята выросла с 330 до 350 а.е.м. (рис.3.23).

5. В рекомендациях по параметрам технологии получения игольчатого кокса (стр.129) предлагается проводить процесс термоллиза в течение не менее 36 часов. На основании каких данных сделан этот вывод, время опыта в разделах 3.5 и 3.6 не превышало 6 часов.

Указанные замечания не являются критичными и не снижают положительную оценку работы.

## 9. Заключение

Таким образом, диссертационная работа Бурангулова Данияра Загировича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена имеющая важное значение для разработки эффективной технологии производства игольчатого кокса задача определения макрокинетических закономерностей формирования анизотропной структуры целевого продукта и образования дистиллятов.

По актуальности, научной новизне, практической значимости и объему проведенных исследований диссертационная работа Бурангулова Д.З. полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы, Бурангулов Данияр Загирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. – «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ».

Официальный оппонент

Доктор химических наук (05.17.04 – Технология органических веществ),  
ведущий научный сотрудник лаборатории органических материалов  
Института органического синтеза им. И.Я. Постовского

Уральского отделения Российской академии наук  Е.И. Андрейков

30.09.2024

ФИО: Андрейков Евгений Иосифович

Ученая степень: доктор химических наук

Специальность: 05.17.04 – «Технология органических веществ»

Ученое звание: профессор

Полное название организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского отделения Российской  
академии наук (ИОС УрО РАН)

Почтовый адрес: 620108, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 22/20

Контактный телефон: +7 (919) 373-94-01; e-mail: [cc@ios.uran.ru](mailto:cc@ios.uran.ru)

Подпись д.х.н., профессора Е.И. Андрейкова заверяю

Ученый секретарь ИОС УрО РАН, к.т.н.



 О.В. Красникова

30.09.2024