

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Получение моторного топлива в инертной и водородной среде на  
бифункциональном катализаторе**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента   2   курса   252 группы  

направления   18.04.01 «Химическая технология»  

код и наименование направления, специальности

Института химии

Внукова Ильи Владиславовича

Научный руководитель

  доцент, к.х.н., доцент  

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

  С.Б. Ромаденкина  

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

  д.х.н., профессор  

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

  Р.И. Кузьмина  

инициалы, фамилия

Саратов 2023 год

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с неуклонным ростом потребления высококачественных моторных топлив и исчерпанием запасов нефти остается актуальным модернизация существующих процессов по производству высокооктановых бензинов.

Современная добыча нефтяного ископаемого сильно отличается от начальных лет развития отрасли. Новые запасы нефти находятся глубже, и их переработка требует применения современных методов. Каждый год остается неизменной тенденция к утяжелению нефти и увеличению доли более темных фракций. При этом светлые фракции с температурой кипения до 350°С используются традиционно для производства различных видов моторного топлива и их компонентов.

Производство разнообразных моторных топлив является одним из основных направлений деятельности нефтеперерабатывающей промышленности, которое оказывает влияние на экономическое состояние многих стран мира и определяет дальнейшее развитие отрасли в целом.

Ключевыми задачами развития нефтеперерабатывающей промышленности являются экономически выгодное углубление процесса переработки сырья, и получение конечного товарного продукта с лучшими эксплуатационными характеристиками, а также его одобрение для эксплуатации на соответствие экологическим нормативам, которые постоянно ужесточаются.

Магистерская работа Внукова Ильи Владиславовича на тему «Получение моторного топлива в инертной и водородной среде на бифункциональном катализаторе» представлена на 52 страницах, содержит 12 рисунков и 10 таблиц, и состоит из двух 2 глав:

1 – Литературный обзор

2 – Практическая часть

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

*В первой главе* магистерской работы осуществлен поиск литературных данных о традиционных способах получения моторных топлив, основополагающих технологических параметров процесса каталитического риформинга, процесса риформинга в отсутствие стороннего водородосодержащего газа, о структуре и физико-химических свойствах цеолитов, об активных центрах катализаторов и используемых катализаторах в промышленности.

В наше время каталитический риформинг является ведущим процессом в производстве высокооктановом моторного топлива. В течение 60 лет улучшения этого процесса привели к заметному увеличению эффективности, выхода желаемых продуктов и продления периода между регенерациями системы.

На сегодняшний день в промышленности каталитического риформинга используют каталитические системы, которые содержат благородные металлы на своих носителях. Такие катализаторы имеет ряд недостатков включающих высокую чувствительность к гетероатомным соединениям и воде, что дезактивируют катализатор, а также с экономической точки зрения являются дорогими.

Исходя из этого, одной из важных задач является создание каталитических систем без присутствия платиновой группы, при сохранении высокой эффективности переработки сырья.

Поиск новых катализаторов связан не только с улучшением катализата по физико-химическим, эксплуатационным и экологическим параметрам, но и упрощения самой технологии получения моторных топлив или их компонентов

*В первой главе* рассмотрены общие сведения о промышленных катализаторах и их регенерации.

Основной целью каталитического риформинга бензиновых фракций

является производство легких ароматических углеводородов, таких как бензол, толуол и ксилол, которые придают бензину высокий октановый рейтинг. Процесс ароматизации также выделяет водородсодержащий газ, который является важным продуктом риформинга. Дополнительно, ВСГ используется в подготовке нефтяных фракций к переработке (гидроочистка), а также в гидрокрекинге и других гидрогенизационных процессах для получения желаемых продуктов.

Выход продукта и концентрация бензола, толуола и их гомологов в каталитическом риформинге зависят от состава сырья. Кроме того, состав сырья влияет на количество выделяемого водорода и тепловой эффект реакции в процессе риформинга. Увеличение содержания циклоалканов и ароматических углеводородов в сырье способствуют к повышению выхода катализата риформинга. Это связано с тем, что скорость ароматизации нафтеновых углеводородов в несколько раз выше скорости дегидроциклизации парафинов.

Каталитический риформинг представляет собой сложный химический процесс, включающий множество превращений углеводородов. Сырье, используемое в процессе, содержит различные типы углеводородов - парафины, нафтены и ароматические углеводороды. В результате реакций на катализаторах, образуется большое количество углеводородных соединений с разным составом.

Процесс риформинга применяется для производства ароматических углеводородов, таких как бензол, толуол и ксилол. Кроме того, каталитический риформинг играет важную роль в производстве водорода, который затем используется в гидрогенизационных процессах при переработке нефтяного сырья.

*Во второй главе* магистерской работы описан метод приготовления катализатора и принцип работы лабораторной установки, на которой проводился каталитический процесс превращения сырья.

На основании результатов полученных данных сведены материальные балансы. По результатам материального баланса выведены основные зависимости по изменению газового и жидкого продукта от температуры проведения процесса в разных средах проведения процесса.

Опыты по превращению нормального гексана проводили на установке проточного типа в присутствии катализатора. определенном диапазоне температур (300 – 500 °С), в разных средах проведения процесса и активации катализатора.

Исходя из детального углеводородного анализа катализата, получены данные о групповом и компонентом составе, который сопоставили с экологическими требованиями ЕВРО-5 для определения возможности использования полученного жидкого продукта в качестве автомобильного топлива.

Определены октановые числа по моторному и исследовательскому методу, введены зависимости изменения от температуры процесса. Сопоставлены зависимости показателей октановых чисел превращения н-гексана в разных средах.

По результатам работы были сделаны выводы об активности каталитической системы в интервале температур в водородной и инертной среде проведения процесса.

## **ВЫВОДЫ**

1. Экспериментально установлено, что при превращение нормального гексана на бифункциональном катализаторе Nd/ЦВМ при температуре 350°C в инертной среде полученный катализат удовлетворяет требования экологического стандарта ЕВРО-5 по содержанию бензола 0,9 мас. % и ароматических углеводородов – 10,8 мас. %.

2. Максимальные степени превращения наблюдаются при превращение н-гексана на каталитической системе Nd/ЦВМ при температуре 500 °С в водородной среде составляет 99,3%, а в инертной среде - 97,2 %.

3. По результатам проведенной работы опубликовано 4 статьи в научных изданиях.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ахметов С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа. – СПб.: Недра, 2020. – 308 с.
2. Рябов В.Д. Химия нефти и газа/ В.Д. Рябов. М.: ФОРУМ, 2019. – 335 с.
3. Агабеков В. Е. Нефть и газ: технологии и продукты переработки / В. Е. Агабеков В. К. Косяков. – Ростов н/Д: Феникс, 2014. - 455.
4. Суханов, В. П. Каталитические процессы в нефтепереработке. / В. П. Суханов. – М.: Химия, 1979. – 334с.
5. Кузьмина, Р.И. Каталитический риформинг углеводородов. / Р.И. Кузьмина. Саратов: СЮИ МВД России, 2010. – 252 с.
6. Алтынов, А.А. Богданов, И. А., Киргина, М. В. Влияние технологических параметров процесса цеоформинг на углеводородный состав получаемых продуктов // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIII Международного симпозиума им. академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина. Томск: ТПУ, 2019. – Т. 2. – С. 314-315.
7. Магарил Р. З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти: учебное пособие для вузов / Р. З. Магарил. – М.: Университет, 2016. – 274с.
8. Ластовкин, Г. А. Справочник нефтепереработчика / Г. А. Ластовкин, Е. Д. Радченко, М. Г. Рудин. – Л.: Химия, 1986. – 649с.
9. Оптимизация подачи хлороводорода в реакторы риформинга на основе учета коксонакопления на катализаторе / С. А. Фалеев, И. К. Занин, Э. Д. Иванчина и др. // Известия Томского политех. ун-та. – Т. 322 № 4.– 2013., – С. 35-37.
10. Гейтс Б. Химия каталитических процессов/ Б. Гейтс, Дж. Кетцир, Г. Шуйт. М.: Мир, 1981. - 552 с.

11. Величкина Л.М. Отечественные технологии безводородной переработки низкооктановых бензиновых фракций на цеолитсодержащих катализаторах // Химическая технология. – Т. 9, № 4. – 2008., – С.158-166.
12. Влияние температуры на процесс безводородного атмосферного риформинга колесников / С. И. Могалес, М. А. Никонов, В. И. Колесников и др. // Химия и технология топлив и масел. – № 1-2 (516). – 2003. – С. 57-58.
13. Мохамед Амин Абдулкадер Могалес. Безводородный риформинг бензиновых фракций на смеси высококремнеземных и алюмо-кобальт-молибденовых оксидных катализаторов с модификаторами: автореф. дис. на соискание ученой степени к.т.н. / Мохамед Амин Абдулкадер Могалес. – М., 2003. – 27с.
14. Цеоформинг – перспективный процесс производства неэтилированных автомобильных бензинов / В. Г. Степанов, К. Г. Ионе // Химия и технология топлив и масел. – № 1 (499). – 2000. – С. 8-12.
15. Ганцев А.В. Применение цеолитсодержащего катализатора в процессе каталитического риформинга / А.В. Ганцев, Э.Р. Аюпов // Universum: Химия и Биология. – 2019. - №12(66). – С. 65-67.
16. Сашкина К. А. Разработка методов синтеза и исследование физикохимических и каталитических свойств новых материалов на основе цеолитов и SiO<sub>2</sub> с иерархической системой пор: автореф. дис. на соискание ученой степени к.х.н. / К. А. Сашкина. – Новосибирск, 2016. – 24 с.
17. Пат. RU 2619685 С2. Способ получения цеолитного материала / У. Мюллер, и др. Заявка № 2014136174 от 05.02.2013. Оpubл. 10.04.2017 Бюл. № 14.
18. Пат. RU 2619685 С2. Способ получения цеолитного материала / У. Мюллер, А. Н. Парвулеску, Д. Янг и др. Заявка № 2014136174 от 05.02.2013. Оpubл. 10.04.2017 Бюл. № 14.
19. Пат. RU 2752404 С1. Цеолит типа GIS / Т. Акаоги. Заявка № 2020125826 от 27.03.2019. Оpubл. 27.07.2021 Бюл. № 21.



20. Пат. RU 2740381 С1. Цеолит типа MWW и способ его получения / Е. Е. Князева, И. В. Добрякова, А. В. Шкуропатов. Заявка № 2019140428 от 09.12.2019. Опубл. 13.01.2021 Бюл. № 2.

21. Цеолит MEL: синтез, свойства и перспективы применения в катализе / В. А. Воробкало, Е. Е. Князева, И. И. Иванова // Современные молекулярные сита. – Т. 3, № 1. – 2021. – С. 53-77.

22. Брек, Д. Цеолитовые молекулярные сита / Д. Брек; пер. А.Л. Клячко. – М.: Мир, 1976. – 781 с.

23. Пат. 2027506 Российская Федерация. Катализатор для риформинга бензиновых фракций / А.Н. Шакун, Л.Ф. Ильичева, М.Л. Федорова и др.- Заявка № 5025430/04 от 27.12.1991 ; опубл. 27.01.1995, Бюл. № 14.

24. Применение цеолитсодержащего катализатора в процессе каталитического риформинга / Н. А. Ищук, Н. П. Коновалов, М. Ф. Минулин // Южно-Сибирский научный вестник. - № 2 (42). – 2022. – С. 31-35.

25. Бушуев Ю. Г. Цеолиты. Компьютерное моделирование цеолитных материалов / Ю.Г. Бушуев - Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново, 15 2011. – 104 с.

26. Алиев А.М. Синтез и исследование цеолитов, модифицированных катионами металлов, в качестве катализаторов в реакции окислительного дегидрирования нафтеновых углеводородов / А.Н. Алиев [и др] // Журнал прикладной химии. - 2017. - Т. 90, № 5. – С. 591-597.

27. Кинетика риформинга бензиновой фракции при атмосферном давлении / И. М. Колесников, Салиху Аюба, С. И. Колесников // Промышленный сервис. - № 2 (47). – 2013. – С. 2-6.

28. Исследование процесса ароматизации сырья риформинга на цеолитсодержащем катализаторе / Т. А. Муниров, А. Р. Давлетшин, Р. Р. Шириязданов // Электронный научный журнал нефтегазовое дело. - № 5. – 2018. – С. 58-77.

29. Быков, Р. А., Быкова, В. В. Оценка термодинамической вероятности превращений углеводородов стабильного газового конденсата в процессе цеоформинг // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXIII Международного симпозиума им. академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Томск: ТПУ, 2020. – Т. 2. – С. 276-277.

30. Производство автомобильных бензинов с использованием стабильного газового конденсата и продуктов процесса «Цеоформинг» в качестве смесевых компонентов // А. А. Алтынов, И. А. Богданов, Н. С. Белинская и др. // Электронный научный журнал нефтегазовое дело. - № 2. – 2019. – С. 217-242.