

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 18.06.01 – «Химическая технология» / 05.17.08 –
«Процессы и аппараты химических технологий»

Инженерная школа природных ресурсов

Отделение Химической инженерии

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научно-квалификационной работы

Разработка технологии переработки стабильных газовых конденсатов на цеолитном катализаторе для получения компонентов автомобильных бензинов

УДК 665.723.097.3-026.71:665.633

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А8-52	Алтынов Андрей Андреевич		

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОХИ ИШПР	Белинская Н.С.	К.Т.Н.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОХИ ИШПР	Короткова Е.И.	Д.Х.Н., профессор		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОХИ ИШПР	Короткова Е.И.	Д.Х.Н., профессор		

Томск – 2022 г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Российская Федерация занимает первое место по добыче, а соответственно и по подготовке природного газа в мире. В процессе подготовки товарного газа помимо целевого продукта образуются также побочные продукты, требующие рационального использования. Стабильный газовый конденсат является одним из таких продуктов.

В тоже время в мире наблюдается стабильный рост спроса на автомобильные бензины, что связано с ежегодным увеличением количества транспорта, и в свою очередь вынуждает производителей искать новые источники сырья для производства топлива.

Возможным решением проблемы рационального использования стабильного газового конденсата является его каталитическая переработка в компоненты автомобильных бензинов. Реализация такого рода процесса возможна на цеолитных катализаторах, которые в силу своей пористой структуры наиболее эффективны для переработки легкого углеводородного сырья, которым и является стабильный газовый конденсат. Кроме того, несомненными достоинствами цеолитных катализаторов является стойкость к каталитическим ядам и относительно невысокая стоимость, что позволяет реализовывать процессы с их использованием в малотоннажном исполнении.

Целью работы является разработка технологии переработки стабильных газовых конденсатов на цеолитном катализаторе для получения компонентов автомобильных бензинов.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Определение и анализ состава и свойств, полученных с различных месторождений Западной Сибири, образцов стабильного газового конденсата.
2. Реализация переработки на цеолитном катализаторе стабильных газовых конденсатов различного состава при стандартных технологических параметрах.
3. Определение и анализ состава и свойств продуктов переработки стабильных газовых конденсатов различного состава на цеолитном катализаторе.
4. Выявление закономерностей влияния состава стабильных газовых конденсатов на состав и свойства получаемых продуктов.
5. Реализация переработки стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе при варьировании технологических параметров процесса (давление, объемная скорость подачи сырья и температура) и размера частиц цеолитного катализатора.
6. Определение и анализ состава и свойств продуктов переработки стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе, полученных в условиях варьирования технологических параметров и размера частиц цеолитного катализатора.
7. Выявление закономерностей влияния технологических параметров и размера частиц цеолитного катализатора на состав и свойства получаемых продуктов. Определение оптимальных технологических

параметров переработки стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе, а также оптимального размера частиц цеолитного катализатора.

8. Разработка групповой формализованной схемы превращений углеводородов входящих в состав стабильных газовых конденсатов на цеолитном катализаторе.

9. Разработка рецептур смешения автомобильных бензинов различных марок с использованием в качестве основных смесевых компонентов стабильного газового конденсата и продуктов его переработки на цеолитном катализаторе.

Объектом исследования в данной работе является технология переработки стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе.

Предметом исследования являются состав и свойства стабильных газовых конденсатов и полученных продуктов переработки на цеолитном катализаторе; направления превращений веществ, входящих в состав стабильных газовых конденсатов; размер частиц цеолитного катализатора и технологические параметры реализации процесса переработки на цеолитном катализаторе.

Научная новизна работы:

1. Установлено, что переработка стабильных газовых конденсатов на цеолитном катализаторе позволяет повысить их октановое число в среднем на 17 пунктов; давление насыщенных паров при этом повышается в среднем на 57 кПа; плотность повышается незначительно; содержание н-парафинов снижается, а содержание изопарафинов растет незначительно; содержание нафтенов снижается в среднем более чем в 2 раза; содержание олефинов и ароматических углеводородов увеличивается в среднем более чем в 3 и 13 раз соответственно. Изменения состава и свойств стабильных газовых конденсатов обусловлены протеканием реакций крекинга парафиновых и нафтеновых углеводородов с образованием олефинов, последующее перераспределение водорода в которых приводит к образованию ароматических углеводородов.

2. Выявлены закономерности влияния состава стабильных газовых конденсатов на состав и свойства получаемых продуктов. Показано, что с увеличением содержания ароматических углеводородов в составе сырьевого стабильного газового конденсата, кратно увеличивается их содержание в продуктах переработки, а повышение содержания н-парафинов в сырье будет давать повышенное содержание олефиновых и нафтеновых углеводородов в получаемых продуктах.

3. Выявлены закономерности влияния технологических параметров процесса переработки стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе на состав и свойства получаемых продуктов. Показано, что увеличение температуры процесса с 350 °С до 425 °С приводит к повышению октанового числа продуктов на 6,7 пункта, снижению содержания н-парафинов, изопарафинов и нафтенов, а также увеличению содержания олефиновых и ароматических углеводородов, в частности бензола. Установлено, что с увеличением давления процесса с 2,5 атм. до 4,5 атм.,

октановое число продуктов снижается на 2,5 пункта, содержание н-парафинов и изопарафинов снижается, а содержание нафтенов, олефинов и ароматических углеводородов растет. Выявлено, что с увеличением объемной скорости подачи сырья с 2 ч^{-1} до 4 ч^{-1} наблюдается снижение октанового числа продукта на 3,1 пункта, снижение содержания н-парафинов и ароматических углеводородов, а также повышение содержания изопарафинов, нафтенов и олефинов.

4. Выявлены закономерности влияния размера частиц цеолитного катализатора на состав и свойства получаемых продуктов. Установлено, что использование любой фракции катализатора позволяет повысить октановое число получаемых продуктов относительно сырья более чем на 15 пунктов. Показано, что при увеличении размера частиц цеолитного катализатора снижается давление насыщенных паров и увеличивается плотность получаемых продуктов, содержание нафтеновых, олефиновых и ароматических углеводородов растет.

5. Разработана формализованная групповая схема превращений углеводородов стабильных газовых конденсатов на цеолитного катализатора, включающая в себя следующие основные реакции: крекинга парафинов и нафтенов; перераспределения водорода в олефинах с образованием ароматических углеводородов и парафинов; перераспределения водорода в циклоолефинах с образованием нафтенов и ароматических углеводородов; изомеризации парафинов.

Практическая значимость работы:

Показано, что переработка стабильных газовых конденсатов на цеолитном катализаторе позволяет получать перспективные смесевые компоненты автомобильных бензинов.

Установлено, что оптимальными технологическими параметрами переработки стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе являются: температура – $375 \text{ }^\circ\text{C}$, давление – 2,5 атм., объемная скорость подачи сырья – 2 ч^{-1} ; оптимальный размер частиц цеолитного катализатора – 0,50-1,00 мм.

Разработаны рецептуры смешения автомобильных бензинов марок АИ-92, АИ-95 и АИ-98. Разработанные рецептуры полностью удовлетворяют требованиям стандартов на моторные топлива. Доля вовлекаемого в рецептуры смешения стабильного газового конденсата и продукта его переработки на цеолитном катализаторе составляет в среднем более 60 %.

Выявленные закономерности превращений углеводородов, входящих в состав стабильных газовых конденсатов, а также закономерности влияния состава сырья, технологических параметров и размера частиц цеолитного катализатора позволяют проводить моделирование и оптимизацию процесса, выбирать параметры для получения продукта требуемого качества при переработке сырья различного состава.

Выявленные закономерности и рецептуры смешения автомобильных бензинов различных марок найдут свое применение на нефтегазодобывающих предприятиях, позволят рационально использовать стабильный газовый

конденсат, производить моторное топливо для обеспечения собственных нужд.

Апробация работы. Результаты работы представлены и обсуждены на научно-практических Международных, а также Всероссийских конференциях: XX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера «Химия и химическая технология в XXI веке», г. Томск, ТПУ, 20-23 мая 2019 г. (получен Диплом II степени); XII International Conference on Chemistry for Young Scientists, г. Санкт-Петербург, СПбГУ, 6-10 сентября 2021 г.; XXV Международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», Томск, 5-9 апреля 2021 г.; Международной научно-практической конференции им. Д.И. Менделеева, посвященной 90-летию профессора Р.З. Магарила, г. Тюмень, ТИУ, 25-27 ноября 2021 г.; IV Scientific-Technological Symposium, г. Новосибирск, ИК им. Г.К. Борескова СО РАН, 26-30 апреля 2021 г.; XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, г. Томск, ТПУ, 16-19 мая 2022 г.

Работа выполнялась в рамках гранта РФФИ «20-38-90157 Аспиранты» по теме «Разработка научных основ переработки стабильного газового конденсата на цеолитных катализаторах для получения компонентов моторных топлив», гранта РФФИ 21-73-00095 по теме «Разработка методики малотоннажного производства бензинов и низкозастывающих дизельных топлив переработкой углеводородного сырья на цеолитном катализаторе», а также гранта Президента МК-351.2020.3 по теме «Исследование каталитических превращений углеводородов стабильных газовых конденсатов на цеолитах для получения компонентов моторных топлив».

Личный вклад состоит в выборе и обосновании актуальности научного направления исследований; проведении лабораторных испытаний по переработке стабильных газовых конденсатов в условиях варьирования углеводородного состава перерабатываемого сырья, технологических параметров и размера частиц цеолитного катализатора; обобщении теоретических и экспериментальных закономерностей; формулировании основных выводов и положений выпускной квалификационной работы. Все результаты отраженные в работе являются оригинальными и получены лично А.А. Алтыновым либо при его прямом участии.

Публикации. По тематике выпускной квалификационной работы опубликовано 27 работ, в том числе 4 статьи в журналах из перечня ВАК, 4 статьи в зарубежных изданиях, индексируемых международными базами данных Scopus и Web of Science, в том числе одна статья в журнале первого квартиля (Q1, IF = 7,8) и одна статья в журнале второго квартиля (Q2, IF = 6,1).

Структура и объем работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы. Работа содержит 22 рисунка, 28 таблиц, библиография включает 51 наименование и изложена на 86 страницах машинописного текста.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы работы, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыта научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе рассмотрены понятие и способ получения стабильных газовых конденсатов, основные теоретические аспекты производства автомобильного бензина. Также рассмотрены основы цеолитного катализа, направления протекающих химических реакций.

Во второй главе выполнен обзор современных способов и технологий использования стабильного газового конденсата. Рассмотрены процессы переработки легкого углеводородного сырья на цеолитах, направления превращений легких углеводородов на цеолитах сделаны следующие выводы:

1. На сегодняшний день стабильный газовый конденсат (СГК) нашел многочисленное применение в нефтяной промышленности, однако отсутствует рациональный способ его применения, который позволил бы полностью раскрыть потенциал углеводородного состава СГК. Для полноценного применения СГК в нефтяной промышленности требуется разработка технологии его переработки в компоненты моторных топлив, в частности, автомобильного бензина.

2. Переработка СГК на цеолитном катализаторе для получения ценных топливных компонентов является самым логичным решением, поскольку данный тип катализаторов является стойким к каталитическим ядам, пригоден для переработки на нем легкого углеводородного сырья, не требует больших капитальных затрат и является высокоэкологичным при его утилизации.

3. Протекающие трансформации углеводородов представляют собой сложный маршрут последовательно параллельных реакций.

В третьей главе дана характеристика объекта исследования, а также описана методика переработки СГК на цеолитном катализаторе, методики экспериментального определения состава и свойств сырья и продуктов, методика расчета в программном продукте «Compounding».

В четвертой главе приведены результаты исследования состава и свойств образцов СГК, продуктов их переработки на цеолитном катализаторе. Результаты по исследованию влияния технологических параметров процесса переработки на цеолите и размера частиц катализатора на состав и свойства получаемых продуктов. Разработана формализованная схема превращений углеводородов, входящих в состав стабильных газовых конденсатов на цеолите. Разработаны рецептуры смешения автомобильных бензинов удовлетворяющих требованиям современных стандартов, с использованием полученных продуктов переработки на цеолите и СГК в качестве базовых компонентов.

В выводах подведены итоги выполненного исследования, изложены рекомендации реализации технологии получения компонентов автомобильных бензинов переработкой СГК на цеолитном катализаторе.