

Министерство образования и науки 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 научного доклада
Повышение ресурсоэффективности процесса приготовления высокооктановых бензинов методом математического моделирования

УДК 665.633.012:519.876

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А4-52	Чузов Вячеслав Алексеевич		

Руководитель 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	Иванчина Э.Д.	д.т.н., профессор		

Общая характеристика работы

Актуальность работы

Нефтегазовый комплекс Российской Федерации, включающий в себя добычу, переработку и нефтегазохимию, является одной из ключевых отраслей экономики и напрямую влияет на развитие нашего государства в целом. В свою очередь, нефте- и газоперерабатывающая промышленность, представляющая собой комплекс производств, основанных на переработке нефти и ее фракций, нефтяного и природного газа в товарные продукты и сырье для химических производств, является одним из ключевых направлений нефтегазового комплекса, доля которого в экономике России в последнее десятилетие составила 35 % от валового внутреннего продукта и обладает потенциалом увеличения своего объема на фоне растущего спроса на нефтехимическую продукцию. С другой стороны, введение жестких экологических требований, предъявляемых к моторному топливу приводит к ограничению использования риформатов в производстве автомобильных бензинов. В связи с этим, возникает необходимость создания новых и интенсификации действующих нефтехимических процессов получения высокооктановых компонентов. Одним из таких процессов является изомеризация парафинов легких бензиновых фракций в разветвленные изоалканы. Поэтому тема диссертационной работы, посвященная совершенствованию процесса приготовления компонентов автомобильных бензинов на нефтеперерабатывающих предприятиях на основе анализа фактических данных по эксплуатации установок, создания математических моделей для расчета процессов изомеризации, увеличения ресурса катализатора является актуальной задачей, как в научном плане, так и для практического использования в рамках нефтеперерабатывающих предприятий.

Работа выполнялась в рамках государственного задания Министерства образования и науки по теме «Создание ресурсоэффективных технологий производства моторных топлив методом математического моделирования» (2014–2016 гг., № 1.1404.2014), а также хоздоговорных НИР с ООО «Киришнефтеоргсинтез», ОАО «РН-Комсомольский НПЗ», ОАО «Стрежевской НПЗ», «Газпром нефть-ОНПЗ» и др., грантов Президента РФ (НШ-422.2014.8, НШ-7581.2016.8), гранта РФФИ (2011 г. ГР № 1-07-98001-р_сибирь_a) по теме «Методы прогнозирования ресурсоэффективности нефтехимических процессов в сложных технологических условиях».

Цель научно-квалификационной работы

Повышение ресурсоэффективности процесса приготовления высокооктановых бензинов разработкой прогностической модели процесса изомеризации путем создания условий для достижения максимальной конверсии алканов в разветвленные углеводороды при изменении состава сырья и активности катализатора с применением математической модели.

Объектом исследования является промышленный процесс производства высокооктановых бензинов.

Предметом исследования являются процессы химического превращения углеводородов бензиновой фракции на поверхности бифункциональных катализаторов, реализованные в различных технологических вариантах и протекающие в нестационарных условиях.

Научная новизна

1. Установлено, что реакция гидрирования бензола протекает с высокой скоростью, что подтверждается значением константы скорости реакции $5,61 \text{ с}^{-1}$. Более низкими скоростями обладают реакции размыкания нафтеновых углеводородов, а также реакции циклизации изоалканов, которые имеют константы скоростей реакций порядка 10^{-3} - 10^{-5} с^{-1} (температура $138 \text{ }^\circ\text{C}$, давление 3 МПа), соответственно.

2. Установлено, что изомеризация прямогонных бензиновых фракций в температурном интервале 130 - $155 \text{ }^\circ\text{C}$ протекает с максимальной конверсией нормальных алканов при переработке сырья с различным соотношением парафиновых углеводородов.

3. Установлено, что в процессе ректификации широкой бензиновой фракции технологический режим функционирования колонны определяет степень превращения нормальных алканов, которая по $n\text{-C}_5$ увеличивается с $62,9 \%$ до $64,4 \%$, а по $n\text{-C}_6$ с $69,8 \%$ до $71,3 \%$ за счет снижения концентрации изопентана в составе сырья стадии каталитической изомеризации (технологические условия процесса: температура $138 \text{ }^\circ\text{C}$, давление $0,3 \text{ МПа}$). Оптимальные параметры работы колонны лежат в следующих интервалах: расход орошения 155 - $165 \text{ м}^3/\text{ч}$ температура низа колонны 185 - $195 \text{ }^\circ\text{C}$ в зависимости от углеводородного состава перерабатываемого сырья.

Теоретическая значимость работы

Результаты работы расширяют представления о физико-химических закономерностях процесса изомеризации. Определены термодинамические, кинетические и гидродинамические закономерности изомеризации алканов.

Показана принципиальная возможность увеличения конверсии нормальных алканов, за счет изменения технологических условий как на стадии разделения сырья и продуктов, так и на стадии каталитического превращения.

Практическая значимость работы

Разработаны прогностические модели процессов ректификации и каталитической изомеризации, применение которых позволило решить ряд научно-производственных задач: обеспечило возможность обработки экспериментальных данных с действующих установок каталитической изомеризации и выдачи практически значимых рекомендаций по оптимизации параметров технологического режима процесса (температура, давление, расход сырья) для достижения оптимального уровня (60 - 65%) конверсии исходного сырья в разветвленные алканы. Подписан акт о внедрении.

Разработанные моделирующие системы используются в учебном процессе студентами и аспирантами Томского политехнического

университета и Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова (г. Павлодар, Казахстан). На основе данных моделей разработан тренажер для операторов технологических установок изомеризации ООО «КИНЕФ» и ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ».

Методология исследования

В основе методологии исследования лежит стратегия системного анализа химико-технологических процессов, которая заключается в последовательном установлении термодинамических, кинетических и гидродинамических закономерностей протекания промышленного процесса с последующим развитием математической модели сложного многостадийного процесса изомеризации нормальных алканов, включающего стадии химического превращения и ректификации углеводородного сырья.

Методы исследования

Построение прогностических моделей выполнено с использованием методологии научной школы Кравцова А.В. по математическому моделированию многокомпонентных каталитических процессов на физико-химической основе.

Апробация работы

Результаты исследований, проведенных в рамках диссертационной работы, представлены и обсуждены на научно-технических конференциях всероссийского и международного уровней: на Всероссийской научной конференции «Переработка углеводородного сырья. Комплексные решения» (Левинтерские чтения), г. Самара, СамГТУ, 10-11 октября 2012 г., на XXIII «Менделеевской конференции молодых ученых», г. Казань, КНИТУ, 21-26 апреля 2013 г., на Международном научно-технологическом симпозиуме «Нефтепереработка: катализаторы и гидропроцессы» (Санкт-Петербург, Сербия (Белград), 2014, 2016 гг., на Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулева «Химия и химическая технология в XXI веке», г. Томск ТПУ 2014-2016 гг., на Международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», г. Томск, ТПУ 2014-2016 гг., на Международных конференциях по химическим реакторам «CHEMREACTOR» (Delft, (The Netherlands), London (UK) 2014, 2016 гг.).

Личный вклад состоит в выборе и обосновании актуальности научного направления исследований, определении термодинамических и кинетических параметров реакций процесса изомеризации парафинов, проведении крупномасштабных промышленных испытаний режимов процесса изомеризации в условиях изменения углеводородного состава перерабатываемого сырья и активности катализатора, обобщении теоретических и экспериментальных закономерностей, формулировке основных положений и выводов диссертационной работы. Результаты исследований являются оригинальными и получены лично Чузловым В.А. или при его непосредственном участии.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 34 работы, в том числе 8 статей в журналах из списка ВАК, 6 статей в зарубежных изданиях, индексируемых базами Scopus, Web of Science (в том числе 2 статьи в журналах с $IF > 2$), получены 2 авторских свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Содержание работы

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

В первой главе рассмотрены результаты научно-технических достижений, выделены существующие актуальные нерешенные задачи в области оптимизации процесса изомеризации. Выполнен аналитический обзор возможных вариантов оптимизации

Во второй главе дана характеристика объекта исследования, а также описаны методы проведения анализа индивидуального углеводородного состава прямогонных бензиновых фракций, газов, гидрогенизата и изомеризата. Представлены экспериментальные данные промышленных испытаний процесса ректификации широкой бензиновой фракции.

В третьей главе приведены результаты исследований термодинамических закономерностей протекания процесса каталитической изомеризации бензиновых фракций, предложен формализованный механизм протекания процесса изомеризации нормальных парафиновых углеводородов, проведена оценка реакционной способности индивидуальных компонентов прямогонной бензиновой фракции, установлены кинетические и гидродинамические закономерности протекания процесса в промышленных условиях.

В четвертой главе рассмотрено влияние технологических параметров процесса изомеризации бензиновых фракций на качество изомеризата в зависимости от состава перерабатываемого сырья и технологического оформления процесса.

В пятой главе исследована зависимость прироста октанового числа изомеризата от концентрации изопентана в составе сырьевого потока реакторного блока процесса изомеризации.

В заключении подведены итоги выполненного исследования, изложены рекомендации по совершенствованию процесса изомеризации на стадиях ректификации и каталитического превращения прямогонных бензиновых фракций.