

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\_\_\_\_\_

Школа \_института природных ресурсов\_\_\_\_\_

Отделение химической инженерии\_\_\_\_\_

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

Тема научного доклада
<b>Снижение давления в реакторах риформинга</b>

УДК 665.644.4.025.083.4

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A4-52	Пчелинцева Инна Вагизовна		

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 темы исследования

Каталитический риформинг – один из базовых и наиболее масштабных процессов нефтепереработки в России и за рубежом в связи с неуклонным ростом потребления автомобильных топлив. Проблема оптимизации процесса каталитического риформинга бензина с целью увеличения выхода целевого продукта высокого качества более чем актуальна в России, где доля риформатов в общем объёме бензинового фонда превышает 50 % об. Совершенствование процесса каталитического риформинга бензинов может осуществляться в направлении разработки катализаторов с более высокой активностью и селективностью, модернизации промышленного оборудования и оптимизации технологического режима процесса.

Процессу улучшения каталитических свойств платиносодержащих катализаторов риформинга посвящено довольно внушительное количество работ и исследований: современные промышленные полиметаллические катализаторы риформинга содержат лишь незначительные количества платины, составляющие доли процента, и при этом обеспечивают существенный выход продукта с высокими октановыми числами.

Эффективность промышленного процесса риформинга также обеспечивается технологическими условиями его проведения. В ходе анализа возможных путей оптимизации процесса каталитического риформинга бензинов было выявлено, что сравнительно меньшее количество работ посвящено исследованию влияния технологических условий на процесс. Данное направление определило актуальность выполнения данной работы.

Целью научно-квалификационной работы является исследование физико-химических закономерностей процесса каталитического риформинга при снижении рабочего давления с использованием нестационарной математической модели.

Объектом исследования являются промышленные установки каталитического риформинга бензинов с загруженным катализатором зарубежного и отечественного производства.

Предметом исследования физико-химические процессы, происходящие на поверхности бифункционального Pt-катализатора в условиях нестационарности промышленного процесса.

### Научная новизна

1. Установлено, что решение многофакторной задачи оптимизации режимных параметров процесса каталитического риформинга с изменяющейся активностью катализатора вследствие процесса коксообразования, изменения углеводородного состава перерабатываемого сырья обеспечивается регулированием рабочего давления. При этом выявлен интервал варьирования, который составляет от 1,2 до 1,7 МПа в зависимости типа установки.
2. Установлено, что влияние изменения углеводородного состава сырья возможно снизить путём постепенного снижения рабочего давления.

3. Установлено, что снижение рабочего давления способствует увеличению скорости протекания реакций дегидрирования нафтендов и дегидроциклизации парафинов, что в свою очередь способствует постепенному увеличению выхода водорода на 0,2% масс, увеличению ароматических углеводородов на 1-2 %масс., увеличению селективности процесса на 0,1-0,3 %масс., увеличению октанового числа на 0,1-0,3 пунктов.

### **Теоретическая и практическая значимость**

На основе полученных результатов показана реальная возможность увеличения выхода и качества продукта путём снижения рабочего давления. Выполненные исследования могут быть использованы технологами в качестве рекомендаций на реальных промышленных установках каталитического риформинга с целью повышения ресурсоэффективности процесса.

Разработанная компьютерная моделирующая система используется в учебном процессе студентами и аспирантами Томского политехнического университета.

### **Методология и методы исследования**

В основу методологии данного исследования заложен физико-химический подход, отличительной чертой которого является использование нелинейных математических моделей, учитывающих кинетические закономерности рассматриваемых явлений. Стратегия данного подхода заключается в детальном рассмотрении прямых и побочных реакций процесса, формировании совокупности (схемы) реакций, исходя из детального механизма, экспериментальной информации и термодинамических расчётов, и математическом описании процесса. Метод исследования – метод математического моделирования.

**Личный вклад** состоит в выборе и обосновании актуальности тематики исследования, постановки задачи научно-квалификационной работы, определении степени проработанности проблемы, формулировке основных положений и выводов, обобщении теоретического и экспериментального материала по теме, проведении расчётов в условиях изменения углеводородного состава сырья и технологических условий, определении термодинамических и кинетических параметров реакций.

### **Апробация**

Основные результаты исследования обсуждены на Международной научно-практической конференции «CHEMREACTOR-21» (г.Делфт, 22-25 сентября, 2014г.), «CHEMREACTOR-22» (г.Лондон, 19-23 сентября, 2016 г.), на 6-й Международной научно-технической конференции «Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства» (г.Омск, 25-30 апреля, 2016 г.), на II Научно-технологическом симпозиуме «Catalytic Hydroprocessing in Oil Refining» (г. Белград, 17-23 апреля, 2016 г.).

## **Публикации**

По теме научно-квалификационной работы опубликовано 13 работ, в том числе 2 научные статьи в журналах из списка ВАК, 6 научных статей в зарубежных изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science.

## **Структура и объём работы**

Научно-квалификационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, приложений, списка используемой литературы из 98 наименований. Работа изложена на 143 страницах машинописного текста, содержит 42 рисунка, 38 таблицы.

## **Содержание работы**

**Во введении** показана актуальность научно-квалификационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, раскрыта научная новизна и обоснована теоретическая и практическая ценность работы.

**В первой главе** проведен аналитический обзор современного состояния нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли и перспектив её развития, в частности, процесса каталитического риформинга бензинов. Подробно рассмотрены разработки отечественных и зарубежных производителей катализаторов риформинга и конструкции реакторных устройств. Выполнен анализ степени разработанности тематики данного исследования. Приведены экологические требования для качества товарных бензинов, показаны возможные пути совершенствования промышленного процесса риформинга.

**Вторая глава** посвящена объектам исследования. Приведено описание технологических схем и особенности протекания процесса, характеристика сырья и получаемых продуктов.

**В третьей главе** рассмотрен механизм протекания основных реакций риформинга, приведены результаты их термодинамического анализа и расчёт констант скоростей, составлен формализованный механизм. Показана разработка нестационарной математической модели с учётом дезактивации катализатора, и компьютерной моделирующей системы на её основе. Подробно рассмотрена методика формирования файлов для проведения расчётов на основе экспериментальных и промышленных данных.

**В четвёртой главе** с применением разработанной математической модели и компьютерной моделирующей системы на её основе рассмотрены вопросы оптимизации работы реакторного блока риформинга путём снижения скорости коксообразования на поверхности Pt-катализатора при работе на оптимальной активности; приведены результаты моделирования замены катализатора методом решения обратной кинетической задачи.

**В пятой главе** исследовано влияние основных технологических параметров на выход и качество получаемого продукта в зависимости от состава перерабатываемого сырья.

**В заключении** подведены итоги выполненного исследования.