

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТОРА РЕГЕНЕРАТОРА В ПРОЦЕССЕ ЦЕОФОРМИНГ

А.В. Лещик

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Самборская

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, ms.leshchik7@mail.ru*

Цеолитный катализатор КН-30 используется для получения высокооктановых компонентов бензинов из прямогонных бензиновых фракций, с низким октановым числом. Недостатком является относительно малый пробег между регенерациями, что требует организации двух параллельных технологических схем; такой подход существенно удорожает процесс.

Одно из возможных решений проблемы – организация процесса в движущемся слое с непрерывной регенерацией катализатора.

Целью работы было теоретическое и экспериментальное исследование процесса регенерации, разработка математической модели реактора регенерации; оптимизация технологических и конструктивных параметров.

В качестве исходного материала был взят катализатор КН-30 с содержанием кокса и его прекурсоров в количестве 12 % масс. На установке проточного типа выполнены эксперименты по удалению прекурсоров и выжигу кокса, после чего проведены исследования активности восстановленного катализатора по сравнению со свежим и частично закоксованным.

Разработана математическая модель процесса регенерации, выполнена оптимизация температуры, давления и подачи воздуха в аппарат. По результатам оптимизации подобрана конструкция регенератора, сделаны поверочный и конструктивно-механический расчеты.

### Список литературы

1. Кузнецов А.А. // *Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности.* – М., изд. «Химия», 1974. – 344 с.
2. Суханов В.П. *Каталитические процессы в нефтепереработке.* – М., Гостоптехиздат, 1963. – 272 с.
3. Эмирджанов Р.Т. *Основы расчета нефтезаводских процессов и аппаратов.* – Баку. Азнефтеиздат, 1956. – 423 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ КОНВЕРСИИ ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ И РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Д.Н. Логачева, К.Б. Кривцова

Научный руководитель – инженер К.Б. Кривцова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, logacheva\_dasha@list.ru*

В настоящее время общей тенденцией нефтяной отрасли является вовлечение тяжелого сырья в процесс переработки. Для более эффективного выхода светлых фракций используют различные деструктивные методы такие, как гидрокрекинг, каталитический и термический крекинг, воздействие на сырьё внешних источников энергии разной природы и т.д. [1]. Но такие методы затруднительны из-за высокого содержания в нефти высокомолекулярных соединений – смол и асфальтенов. Смолисто-асфальтовая

часть в своем составе содержит металлы и гетероатомные соединения, которые являются каталитическими ядами. Также из-за их высокой молекулярной массы смолы и асфальтены склонны к конденсации и коксообразованию, что затрудняет использование традиционных процессов переработки тяжелых остатков. В связи с этим в настоящее время наиболее актуальными становятся новые нетрадиционные методы переработки: использование плазмы, озонлиз,

электромагнитное воздействие на реакционную смесь и использование биомасс [2].

В качестве объектов исследования были выбраны мазут тяжелой нефти и нерафинированное подсолнечное масло (НПМ) в количестве 2 % мас. Мазут содержит высокое количество парафиновых углеводородов из-за чего не может быть использован для последующей переработки, а высокое содержание смол и большая вязкость затрудняет его применение в качестве топочного мазута. Выбор НПМ обусловлен наличием двойных связей в структуре жирных кислот, которые обладают реакционной способностью и тем самым блокируют реакции рекомбинации высокомолекулярных радикалов, которые получают при разрушении смолисто-асфальтовых веществ [3], что в свою очередь позволяет снизить образование асфальтенов и кокса.

Для того чтобы иметь представления о продуктах превращения мазута сначала проводили крекинг без добавления масла. Крекинг проводили в автоклаве объемом 12 см<sup>3</sup>, оснащённом термопарой, краном высокого давления и манометром. В автоклав загружали сырьё, продували аргоном (для исключения попадания кислорода воздуха) и герметично закрыли. Эксперименты

проводили при температуре 450 °С, в течение 2 ч. После проведения термолиза и охлаждения автоклава до 25 °С газообразные продукты собирались в пробоотборник, жидкие и твердые продукты помещались в бюкс. После проводили крекинг мазута тяжелой нефти с добавкой НПМ в количестве 2 % мас. при тех же условиях. Затем, для газообразных продуктов проводился хроматографический анализ с помощью хроматографа Кристалл-5000. Наблюдалась тенденция к увеличению выхода алканов и алкенов C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, а также увеличения концентрации CO<sub>2</sub>, что подтверждает механизм разложения НПМ в ходе процесса крекинга, а также разрушение смолисто-асфальтовых веществ.

Состав жидких продуктов крекинга определяли с помощью вещественного анализа. Результаты можно увидеть в таблице 1.

При совместном термолизе НПМ и мазута существенно меняется выход всех компонентов. Видно, что увеличивается выход газа и масел, уменьшается выход смол, асфальтенов и твердых компонентов. Это связано с деструкцией НПМ, которое блокирует образование высокомолекулярных соединений. С увеличением массы масляной добавки будет наблюдаться увеличение глубины конверсии мазута.

### Список литературы

1. Борзаев Х.Х. *Каталитическая переработка тяжелого углеводородного сырья с предварительным электромагнитным воздействием: Автореферат. Дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук.* – М.: 2015. – 5 с.
2. Морозов М.А. *Термокаталитические превращения тяжелого углеводородного сырья в присутствии добавок на основе кобальта и карбида вольфрама Автореферат. Дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук.* – Томск: 2019. – 7 с.
3. Kopytov M.A., Boyar S.V., Golovkob A.K. *Thermal conversion of petroleum residue in the presence of vegetable oil // AIP Conference Proceedings. Proceedings of the Advanced Materials with Hierarchical Structure for New Technologies and Reliable Structures, 2018.* – v. Number 2051. – P.1.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОМПАУНДИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА

Е.А. Лось

Научный руководитель – к.т.н., доцент И.М. Долганов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

В мире с каждым годом растут продажи автомобилей с бензиновым двигателем. За 2018 год было продано 91 % автомобилей с бензиновым двигателем, на машины с дизельным двига-

телем приходится 7 % и на электромобили лишь 2 % [1]. В связи с этим увеличивается спрос на соответствующий стандартам и достаточно де-