

**СЕКЦИЯ 13. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ. ПОДСЕКЦИЯ 2. ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ**

Выполненные исследования позволяют косвенно оценить эффективность процесса регенерации, в соответствии с результатами ТГ-ДСК регенерированного катализатора содержание кокса на нем снижается в 5,5 раз, что говорит о практически полном отсутствии кокса. Эффективность процесса регенерации относительно начального содержания кокса на нем составила 83,52 %.

Таким образом, численные и экспериментальные исследования процесса регенерации цеолитсодержащего катализатора крекинга позволили оценить структуру и количество кокса, образующегося на катализаторе в процессе каталитического крекинга, соотношение С/Н в котором изменяется в широком диапазоне 0,86–1,79 ед., а также оценить эффективность проведения регенерации по количеству окисленного кокса, которая составила 83,52 %.

Результаты работы будут использованы при разработке математической модели процесса регенерации цеолитсодержащего катализатора, учитывающей влияние структуры кокса, образующегося на катализаторе на эффективность стадии регенерации катализатора.

Литература

1. Doronin V.P., Sorokina T.P., Lipin P.V., Potapenko O.V., Korotkova N.V., Gordenko V.I. Development and introduction of zeolite containing catalysts for cracking with controlled contents of rare earth elements // *Catalysis in Industry*. Moscow. – 2015. – V.7. – P.12 – 16.
2. Гынгазова М.С., Чеканцев Н.В., Короленко М.В., Иванчина Э.Д., Кравцов А.В. Оптимизация кратности циркуляции катализатора в реакторе риформинга с движущимся зернистым слоем сочетанием натурального и вычислительного экспериментов // *Инженерные проблемы. Эксплуатация и производство. Катализ в промышленности*. – Томск, 2012. – №2. – 35 – 41С.
3. Ершов Д.С., Хафизов А.Р., Мустафин И.А., Станкевич К.Е., Ганцев А.В., Сидоров Г.М. Современное состояние и тенденции развития процесса каталитического крекинга // *Фундаментальные исследования*. – Пенза, 2017. – №12. – С. 282 – 286.
4. Зинин И.К. Оптимизация процессов регенерации катализаторов риформинга, дегидрирования, гидроочистки в аппаратах циркуляционных контуров: Дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук. – Томск, 2016г. – 166 с.
5. Кулакова И.И., Лисичкин Г.В. // *Каталитическая химия. Основы катализа*. – Москва, 2014. – Часть 1. – 112 с.
6. Системный анализ и повышение эффективности нефтеперерабатывающих производств методом математического моделирования: учебное пособие / Под ред. А.В. Кравцов и др. – Томск: Издательство ТПУ, 2004. – 170 с.
7. Челищев Н.Ф., Беренштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья – М.:Недра, 1987. – 176с.
8. Шайдулина А.А., Кондрашева Н.К., Георгиева Э.Ю. Изучение свойств отечественных цеолитсодержащих катализаторов крекинга // *Научное издание «Известия СПбГТИ(ТУ)»*. – Санкт-Петербург, 2017. - №38. – С. 64 – 68.

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И
ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ НА
ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ АЛКИЛБЕНЗОЛОВ**

М.А. Пасюкова, А.А. Солопова, И.О. Долганова

Научный руководитель - доцент И. М. Долганов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Процесс сульфирования в настоящее время – основной путь по производству линейных алкилбензолсульфонатов (ЛАБС), которые в свою очередь являются главным компонентом при производстве поверхностно – активных веществ (ПАВ), используемых в качестве компонентов бытовых моющих средств. Вследствие постоянного роста потребления ПАВ, наблюдаемого на мировом рынке, процесс сульфирования заслуживает большого внимания с целью исследования и оптимизации, а так же повышения экономической выгоды.

Производство ЛАБС состоит из нескольких последовательных стадий. Сырьем являются линейные алканы с длиной цепи от 9 до 14 атомов углерода, которые поступают на установку дегидрирования для получения полиолефинов. Далее полиолефины гидрируются с получением моноолефинов, необходимых для процесса алкилирования. Бензол алкилируются моноолефинами в присутствии фторводородной кислоты с получением линейных алкилбензолов. Линейные алкилбензолы в свою очередь поступают на установку сульфирования, где вступают в реакцию с серным ангидридом в многотрубном пленочном реакторе. Полученная алкилбензолсульфокислота ощелачивается с помощью гидроксида натрия [2].

Побочным продуктом процесса сульфирования является так называемый высоковязкий компонент, накопление которого в трубах реактора приводит к возникновению диффузионных осложнений, ведущих к нарушению равномерности течения пленки, что приводит к ухудшению качества продукта, так как процесс сульфирования проходит не в полной мере. Когда концентрация высоковязкого компонента достигает критического значения, производится промывка реактора водой, что позволяет избавиться от высоковязкого компонента.

Целью данной работы является моделирование процесса сульфирования ЛАБ в многотрубном пленочном реакторе с целью исследования продолжительности межпромывочных циклов.

Для исследования было выбрано 4 межпромывочных цикла (табл. 1). Необходимость промывки трубок реактора на производстве определяется значением давления в реакторе. Величина давления зависит от количества высоковязкого компонента, накопленного в трубах.

Таблица 1

Практическая продолжительность межпромывочных циклов

Дата начала межпромывочного цикла	Дата окончания межпромывочного цикла	Продолжительность, дней
01.11.2017	20.11.2017	19
20.11.2017	07.12.2017	17
07.12.2017	26.12.2017	19
26.12.2017	10.01.2018	15

С использованием ранее разработанной компьютерной моделирующей системы произведен расчет продолжительности межпромывочных циклов по накоплению высоковязкого компонента. Адекватность применяемой моделирующей системы была установлена ранее [3]. Расчет циклов прекращали при достижении критической концентрации высоковязкого компонента равной 0,034% масс.

Таблица 2

Расчетная продолжительность межпромывочных циклов

Дата начала межпромывочного цикла	Дата окончания межпромывочного цикла	Продолжительность, дней
01.11.2017	22.11.2017	21
22.11.2017	16.12.2017	24
16.12.2017	08.01.2018	23

Как видно из таблиц, приведенных выше, число межпромывочных циклов сократилось, их продолжительность, в свою очередь, увеличилась. Так, средняя продолжительность межпромывочного цикла, при определении необходимости промывки реактора по давлению составила 17-18 дней. При использовании предсказывающей способности программы на основании накопления высоковязкого компонента, средняя продолжительность цикла увеличилась на 5 дней.

Используемый на практике способ не позволяет достичь максимальной эффективности процесса, и связан с риском образования некондиционного продукта. Перечисленные риски нивелируются при использовании расчетного метода, что позволяет более рационально использовать имеющиеся ресурсы и максимизировать выгоду.

Из проведенных исследований можно сделать вывод о том, что применение математической модели для исследования продолжительности межпромывочных циклов позволяет увеличить продолжительность межпромывочного цикла для пленочного реактора сульфирования, а также устранить риск получения некондиционного продукта.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-38-00487 "Разработка фундаментальных основ повышения ресурсоэффективности отечественной технологии получения линейной алкилбензосульфокислоты - биоразлагаемого поверхностно-активного вещества - на основе прогнозирования активности реакционной среды химически сопряженных стадий смешения и катализа".

Литература

1. Баннов, П.Г. Процессы переработки нефти. / П.Г. Баннов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим. – 2001. – 625 с.
2. Dolganova I. O., Dolganov I. M., Bunaev A.A., Pasyukova M.A. Nature of highly viscous component in the alkylbenzene sulfonic acid technology and its influence on the process efficiency [Electronic resorces] // Petroleum and Coal. – 2019 – Vol. 61 – №. 1. – pp. 25-31.
3. Солопова А. А. , Пасюкова М. А. , Долганова (Шнидорова) И. О. , Долганов И. М. , Бунаев А. А. Разработка компьютерной моделирующей системы процессов переработки линейных алкилбензолов с целью исследования влияния накопления высоковязкого компонента на продолжительность межпромывочного цикла // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт передовых производственных технологий (ИППТ) – Санкт-Петербург, 19-24 Ноября 2018. – СПб: Политех-Пресс, 2018 – С. 12-14
4. Dolganova I.O., Dolganov I.M., Ivanchina E.D., Ivashkina E.N. Alkylaromatics in Detergents Manufacture: Modeling and Optimizing Linear Alkylbenzene Sulfonation / Journal of Surfactants and Detergents. – 2018 – Vol. 21 – №. 1. – pp. 175-184