

матических углеводородов, в том числе бензола, и увеличивается доля алканов изостроения. Селективной депарафинизацией дизельных фракций на цеолитных катализаторах можно получить с высоким выходом низкотемпературные малосернистые дизельные топлива.

Необходимость утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) в нефтедобывающих районах обусловлена сжиганием его в больших объемах на факелах из-за невозможности или экономической нецелесообразности транспорта на газоперерабатывающие заводы. Привлекательным направлением использования ПНГ является развитие мелкоотварных перерабатывающих производств – получение сжиженного пропан-бутана; ароматических углеводородов с использованием каталитического процесса; комплексное получение одновременно концентрата ароматических углеводородов (высокооктановой присадки), бензола и сухого газа.

В настоящее время природный газ, в основном, используется как топливо для производства тепла и электроэнергии. В то же время, потенциальная его ценность как химического сырья существенно выше, чем как энергоносителя. Он может являться базой для производства большинства органических соединений, получаемых при переработке нефти. Осуществить его химическое преобразование в жидкие органические соединения возможно с использованием бифункциональных цеолитсодержащих катализаторов.

Тенденции развития ТЭК указывают на то, что всего лишь через 25 лет мировой спрос на энергию увеличится на 50 % и в течение весьма длительного периода времени в будущем нефть и природный газ все ещё будут оставаться главным источником первичной энергии.

КОМПЛЕКСНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛКИЛБЕНЗОСУЛЬФОКИСЛОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

И. О. Долганова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, dolganovaio@tpu.ru*

Синтетические моющие средства на основе поверхностно-активных веществ имеют большое значение в удовлетворении бытовых потребностей людей, а также используются в различных отраслях промышленности. Известным прекурсором таких соединений являются алкилбензосульфокислоты (АБСК) [1–3]. В связи с современной эпидемиологической обстановкой и необходимостью развития отечественных технологий, вопрос оптимизации производства АБСК стоит особенно остро.

Производство АБСК по технологии, применяемой на одном из предприятий РФ, является многостадийным и включает процесс дегидрирования парафинов $C_{10}-C_{14}$, алкилирование бензола олефинами, сульфирование алкилбензолов (АБ) серным ангидридом. Важнейшим фактором, затрудняющим повышение эффективности производства АБСК, является содержание в сырье примесей, вызывающих дезактивацию катализаторов и реакционных сред на всех этапах производства. Такими примесями являются

изопарафины и легкие ароматические соединения, которые на всех этапах производства могут образовывать гомологи тетралина. В результате побочных реакций образуются тяжелые ароматические соединения (ТАР), которые дезактивируют кислотный катализатор алкилирования, а на стадии сульфирования снижают активность реакционной среды за счет увеличения ее вязкости [3].

Для комплексной оптимизации производства АБСК использовались математические модели реакторного и сопряженного оборудования, построенные с учетом физико-химических, гидродинамических процессов, протекающих в аппаратах, а также чувствительные к изменению состава сырья и активности катализаторов и реакционных сред.

Обработка многолетних экспериментальных данных (за период 2020–2023 гг.) с установкой по производству АБСК показала высокую прогнозирующую способность компьютерных моделирующих систем.

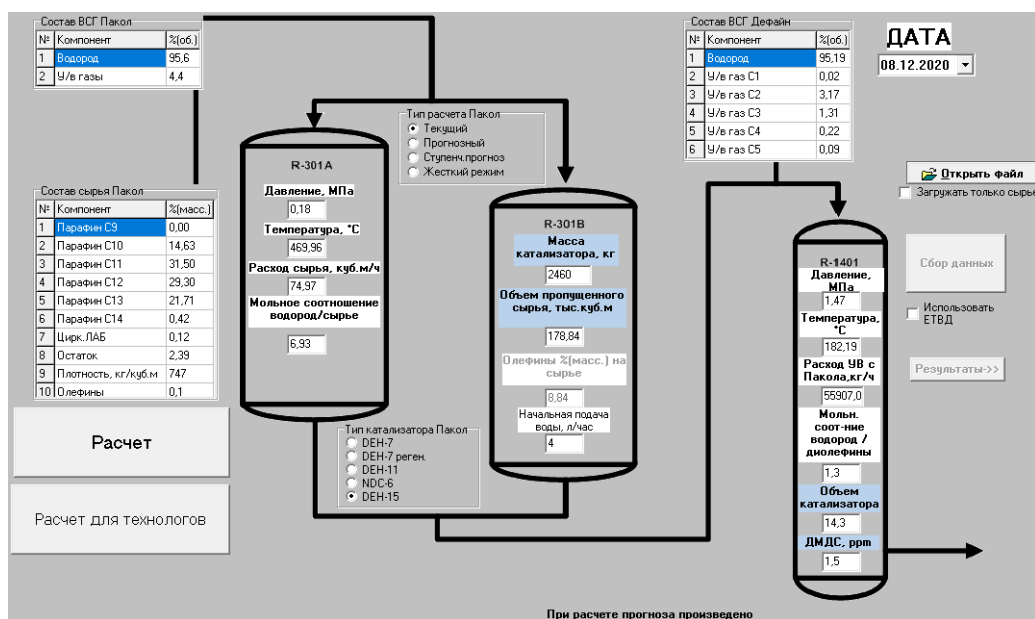


Рис. 1. Активное окно модуля расчета блока дегидрирования парафинов

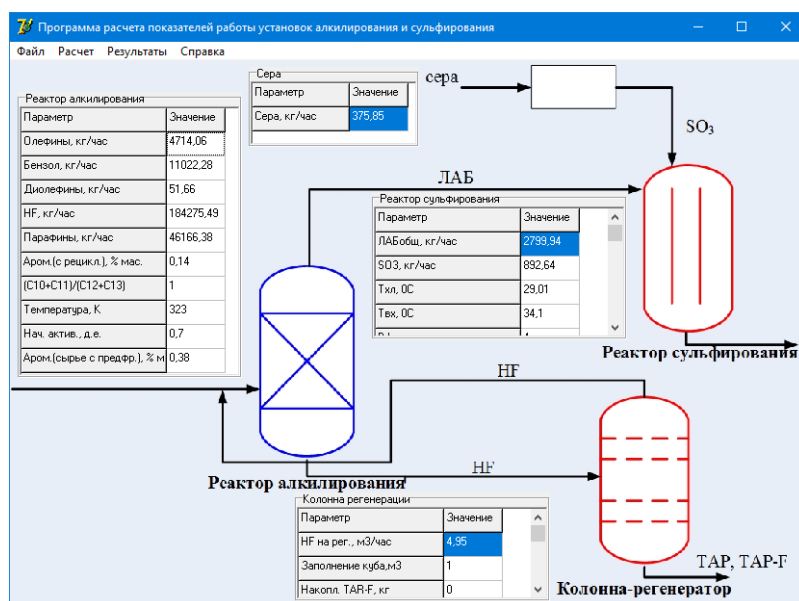


Рис. 2. Активное окно модуля расчета блоков алкилирования и сульфирования

На рис. 1, 2 представлены активные окна модулей расчета блоков дегидрирования парафинов, а также алкилирования бензола, регенерации HF и сульфирования АБ.

Применение компьютерных моделирующих систем позволило получить следующие технические результаты:

1) Возможность определять поддержания оптимальной активности HF за счет регулирования расхода HF в регенератор;

2) Возможность определения даты необходимой промывки колонны регенерации HF-катализатора алкилирования с точностью до 7 суток;

3) Повышение выработки ЛАБ на тыс. 3 т/сутки за счет поддержания оптимального расхода HF в регенератор;

4) Повышение доли АБСК в продуктивном потоке с 97 до 98 % мас. за счет поддержания оптимального расхода серы на сжигания при заданном содержании нежелательных компонентов в исходном сырье;

5) Увеличения длительности межпромывочного цикла реактора сульфирования ЛАБ на 3–5 суток за счет поддержания оптимальной кислотности реакционной среды.

Работа поддержана Государственным Зада-нием РФ «Наука», проект FSWW-2023-0008.

Список литературы

1. Баннов П. Г. *Процессы переработки нефти*. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2001. – 625.
2. Неволин Ф. В. *Химия и технология синтетических моющих средств*. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 424.
3. Абрамзон А. А., Зайченко Л. П., Файнгольд С. И. *Поверхностно-активные вещества*. – Л.: Химия, 1988. – 201.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РИФОРМИНГА БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ НА ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ СОДЕРЖАТЕЛЬНЫХ КИНЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

А. Н. Загоруйко

Институт катализа им. Г. К. Борескова
г. Новосибирск, zagor@catalysis.ru

Каталитические процессы переработки нефтяных фракций являются основой современных технологий переработки нефти, обеспечивающих производство современных топлив и ценных углеводородных полупродуктов для нужд нефтехимии. Эффективность работы каталитических процессов во многом определяет общую эффективность нефтеперерабатывающих предприятий, так что задачи оптимизации существующих установок и разработки новых каталитических технологий весьма актуальны как в национальном, так и в международном масштабе.

Такие технологии в своем большинстве эффективно весьма сложны, поскольку включают в себя большое количество различных реакций с участием большого числа реакционных компонентов, так что успешное решение этих задач на сегодня возможно только на основе активного применения современных средств и методов математического моделирования.

Следует отметить, что общие модели реакторов в каталитических процессах нефтепереработки и нефтехимии в большинстве случаев аналогичны хорошо исследованным моделям каталитических реакторов с твердым катализатором и газообразной реакционной средой, а вся специфика процессов, по сути, отражается в кинетических моделях, описывающей скоро-

сти протекающих каталитических реакций. Соответственно, вся сложность таких процессов обычно концентрируется именно в их кинетических моделях.

В настоящей работе был предложен метод, в основу которого положен термодинамически содержательный подход к построению детальных кинетических моделей [1]. Этот подход включает, во-первых, записи кинетических уравнений в термодинамически содержательной форме (по закону действующих масс с учетом обратимости каждой реакции) и, во-вторых, использование термодинамических потенциалов в составе кинетических констант в этих уравнениях. Последний тезис, по сути, построен на базовых принципах неравновесной термодинамики и подразумевает, что в гомологических группах соотношения скоростей однотипных индивидуальных реакций связаны с их относительной термодинамической обусловленностью.

Применение этого подхода продемонстрировано в этой работе на примере процесса риформинга нефтяных фракций, являющемся одним из важнейших процессов переработки нефти, обеспечивающим производство высокооктановых бензинов для топливной отрасли и ароматических углеводородов для нужд нефтехимии.