

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУЛЬФИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ АЛКИЛБЕНЗОЛОВ С УЧЕТОМ МАССОПЕРЕНОСА

Д.Ю. Сладков, И.М. Долганов, А.А. Солопова  
Научный руководитель – к.т.н., доцент И.М. Долганов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, sdu76@tpu.ru*

Актуальность алкилбензолсульфонокислот (АБСК) как ценного нефтехимического сырья обусловлена в первую очередь спросом на рынке моющих средств и бытовой химии, который имеет устойчивую тенденцию роста. Из АБСК получают алкилбензолсульфонаты, которые яв-

ляются основой для большой доли производящихся синтетических моющих средств (СМС). Их востребованность объясняется склонностью к биодegradации и неспособностью к биоаккумуляции, иными словами алкилбензолсульфонаты безопасны для окружающей среды. В насто-

$$\left\{ \begin{aligned}
 u_{\text{газ}} \frac{\partial C_{SO_3}^{\text{жид}}}{\partial l} &= -k_0 a_0 C_{\text{ЛАБ}} C_{SO_3} - k_2 a_2 C_{\text{АБСК}} C_{SO_3}^2 - 2k_3 a_3 C_{\text{ЛАБ}} C_{SO_3}^2 - 2k_6 a_6 C_{\text{непредЛАБ}} C_{SO_3} + \frac{\beta F \Delta C}{V_{\text{жид}}} \\
 u_{\text{жид}} \frac{\partial C_{\text{ЛАБ}}}{\partial l} &= -k_0 a_0 C_{\text{ЛАБ}} C_{SO_3} - k_1 a_1 C_{\text{ЛАБ}} C_{\text{АБСК}} - k_2 a_2 C_{\text{АБСК}} C_{SO_3}^2 - k_3 a_3 C_{\text{ЛАБ}} C_{SO_3}^2 - k_4 a_4 C_{\text{ЛАБ}} C_{\text{ПСК}} + \\
 &\quad + k_7 a_7 C_{\text{неСульф}} C_{H_2O} \\
 u_{\text{жид}} \frac{\partial C_{\text{АБСК}}}{\partial l} &= k_0 a_0 C_{\text{ЛАБ}} C_{SO_3} - k_1 a_1 C_{\text{ЛАБ}} C_{\text{АБСК}} - 2k_2 a_2 C_{\text{АБСК}} C_{SO_3}^2 - k_5 a_5 C_{\text{ангАБСК}} C_{H_2O} + k_7 a_7 C_{\text{неСульф}} C_{H_2O} \\
 u_{\text{жид}} \frac{\partial C_{\text{ПСК}}}{\partial l} &= k_3 a_3 C_{\text{ЛАБ}} C_{SO_3}^2 - k_4 a_4 C_{\text{ЛАБ}} C_{\text{ПСК}} \\
 u_{\text{жид}} \frac{\partial C_{\text{ангАБСК}}}{\partial l} &= k_2 a_2 C_{\text{АБСК}} C_{SO_3}^2 - k_5 a_5 C_{\text{ангАБСК}} C_{H_2O} \\
 u_{\text{жид}} \frac{\partial C_{\text{неСульф}}}{\partial l} &= k_1 a_1 C_{\text{ЛАБ}} C_{\text{АБСК}} + k_6 a_6 C_{\text{непредЛАБ}} C_{SO_3} - k_7 a_7 C_{\text{неСульф}} C_{H_2O} \\
 u_{\text{жид}} \frac{\partial C_{H_2O}}{\partial l} &= k_2 a_2 C_{\text{АБСК}} C_{SO_3}^2 - k_5 a_5 C_{\text{ангАБСК}} C_{H_2O} - k_7 a_7 C_{\text{неСульф}} C_{H_2O} \\
 u_{\text{жид}} \frac{\partial C_{H_2SO_4}}{\partial l} &= k_2 a_2 C_{\text{АБСК}} C_{SO_3}^2 \\
 u_{\text{жид}} \frac{\partial C_{\text{непредЛАБ}}}{\partial l} &= -k_6 a_6 C_{\text{непредЛАБ}} C_{SO_3} \\
 u_{\text{жид}} \frac{\partial T}{\partial l} &= \frac{1}{C_p} (Q_0 k_0 a_0 C_{\text{ЛАБ}} C_{SO_3} + Q_1 k_1 a_1 C_{\text{ЛАБ}} C_{\text{АБСК}} + Q_2 k_2 a_2 C_{\text{АБСК}} C_{SO_3}^2 + Q_3 k_3 a_3 C_{\text{ЛАБ}} C_{SO_3}^2 + \\
 &\quad + Q_4 k_4 a_4 C_{\text{ЛАБ}} C_{\text{ПСК}} + Q_5 k_5 a_5 C_{\text{ангАБСК}} C_{H_2O} + Q_6 k_6 a_6 C_{\text{непредЛАБ}} C_{SO_3} + Q_7 k_7 a_7 C_{\text{неСульф}} C_{H_2O})
 \end{aligned} \right.$$



Рис. 1. Результаты расчетов

ящее время наиболее совершенным процессом получения АБСК является сульфирование линейных алкилбензолов (ЛАБ) в многотрубчатом пленочном реакторе.

Целью настоящей работы является разработка математической модели процесса сульфирования линейных алкилбензолов с учетом массопереноса вещества из газовой фазы в жидкую.

Допуская, что исследуемый процесс соответствует режиму идеального вытеснения и отсутствует массоперенос веществ из жидкой фазы в газовую, была разработана математическая модель, которая позволяет количественно оценить влияние исходных параметров в системе на скорость превращения ЛАБ и перенос  $\text{SO}_3$  в жидкую фазу. Данная математическая модель описывается следующими образом:

Коэффициент массопереноса  $\text{SO}_3$  из газовой фазы в жидкую рассчитывается по уравнению [1]:

$$\beta = 0,127 \cdot \text{Re}_{\text{пл}}^{0,58} \cdot \omega_{\Gamma} \cdot \left(\frac{D}{H}\right)^{0,66}$$

где  $\beta$  – коэффициент массоотдачи, м/с;  $D$  – диаметр трубки реактора, м;  $H$  – высота трубки реактора, м.

Активность реакционной среды находится как  $a_j = e^{-\alpha C_{v.c.}}$ , при  $l=0$ ,  $C_{v.c.}=0$ ,  $\alpha=1$ ,  $a_j=1$  [2].

На основании разработанной математической модели было исследовано влияние концентрации  $\text{SO}_3$  в газовой смеси на степень превращения ЛАБ. Результаты расчетов представлены на рисунке 1.

Таким образом, при увеличении концентрации  $\text{SO}_3$  в газовой смеси увеличивается массоперенос вещества в жидкую фазу и как следствие степень превращения ЛАБ увеличивается.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20-38-90103

### Список литературы

1. Соколов В.Н., Доманский И.В. Газожидкостные реакторы. – Л.: «Машиностроение», 1976. – 216 с.
2. Dolganova I.O., Dolganov I.M., Ivanchina E.D., Ivashkina E.N. // *Journal of Surfactants and Detergents*, 2018. – V. 21. – №1. – P. 175–184.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОСТАВА СЫРЬЯ НА МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА КТ-1/1 С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В.К. Солдатов, Г.Ю. Назарова

Научный руководитель – д.х.н., ОХИ ИШПР ТПУ Ивашкина Е.Н.

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

Каталитический крекинг является наиболее распространенным промышленным процессом современной нефтеперерабатывающей промышленности. В процессе реакций крекинга образуются высокооктановая бензиновая фракция (свыше 50 % мас.), дизельная фракция, а также газы, богатые пропиленом, изобутаном и бутенами.

Качество и выход продуктовых потоков с установки каталитического крекинга определяется групповым составом сырья, свойствами катализатора, технологическими параметрами работы установки и др. Метод математического моделирования является одним из способов увеличения эффективности процессов переработки углеводородного сырья, а также позволяет проводить исследования без проведения опытных

испытаний на установках, функционирующих на производстве.

Цель работы заключается в оценке влияния состава сырья процесса каталитического крекинга на материальный баланс установки каталитического крекинга с использованием математической модели процесса.

В работе представлены результаты расчетов влияния состава сырьевых потоков на выходы продуктов каталитического крекинга с применением математической модели процесса каталитического крекинга, разработанной на основании формализованной схемы превращений углеводородов [1].

Расчеты по модели выполнены для восьми типов сырья (таблица 1) при постоянных параметрах технологического режима.