

## Список литературы

- 1) R.L. Jarry and W. Davis, "The Vapor Pressure, Association and Heat of Vaporization of Hydrogen Fluoride", *J. Phys. Chem.* – Vol. 57. – №6. – P. 600–604. Jun., 1953, doi: 10.1021/j150507a016.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МНОГОТРУБНОГО ПЛЕНОЧНОГО РЕАКТОРА СУЛЬФИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНОГО АЛКИЛБЕНЗОЛА

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

Научный руководитель – к.т.н., научный сотрудник ОХИ ТПУ И.О. Долганова

Томский политехнический университет

634050, Россия, Томская обл., Томск, пр. Ленина, 30, anastasiasolopova@ro.ru

Алкилбензолсульфокислота с длиной боковой цепи 10–13 атомов углерода, используемая в качестве сырья для производства синтетических моющих средств, получается сульфированием линейных алкилбензолов, преимущественно в многотрубных плёночных реакторах. Органическое сырьё равномерно подаётся в трубки реактора и в виде плёнки стекает по внутренней поверхности каждой. Газовая смесь с содержанием сульфорирующего газа до 5,5 % об. равномерно распределяется по всем трубкам реактора. Реакция сульфирования линейных алкилбензолов протекает с большим тепловыделением, охлаждение реакционной смеси осуществляется водой снаружи в охлаждающей рубашке. Образование побочных веществ, таких как тетралины и сульфоны [1], ухудшает качество продуктов, что обуславливает необходимость проведения периодических промывок реакционных трубок водой.

На примере процесса получения алкилбензолсульфокислоты ЛАБ-ЛАБС была разработана математическая модель процесса сульфирования алкилбензолов [2–3]. Разработанная

математическая модель процесса сульфирования линейных алкилбензолов позволяет прогнозировать влияние технологических параметров и состава сырья на объём и качество получаемой продукции. Применение разработанной математической модели позволило решить важную задачу по оптимизации работы действующей установки [3].

При расчёте концентраций алкилбензолсульфокислоты в продуктивном потоке на математической модели величина погрешности не превышает 1,5%, что не выше погрешности документа, поэтому модель можно считать адекватной.

В ранее опубликованных работах приведён анализ влияния технологических параметров процесса сульфирования линейных алкилбензолов серным ангидридом на показатели качества получаемого продукта. В работе [4] даны доказательства присутствия алкилароматических соединений в сырьевом потоке, что позволяет говорить об их влиянии на оптимальные условия проведения процесса.

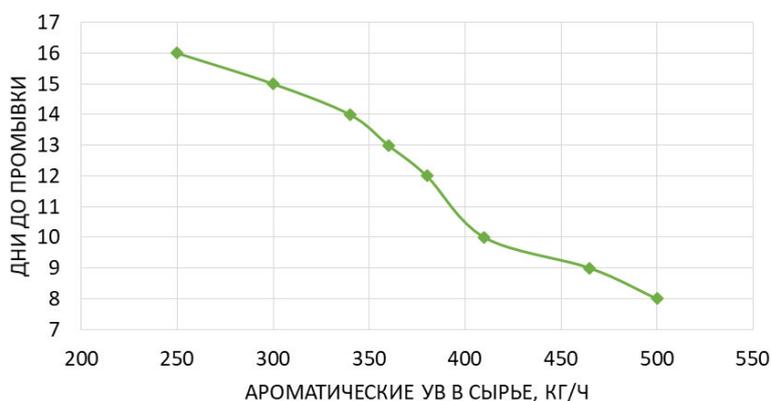


Рис. 1. Зависимость продолжительности межпромывочных периодов от концентрации ароматических углеводородов в сырье

К важным достоинствам математической модели относится то, что она позволяет рассчитывать продолжительность межпромывочных циклов в зависимости от концентрации ароматических соединений в сырье (рис. 1).

Таким образом, длительность межпромывочных периодов реактора сульфирования может быть рассчитана заранее в зависимости от содержания ароматических соединений в исходном сырье.

### Список литературы

1. Molever K. *Monitoring the Linear Alkylbenzene Sulfonation Process Using High-Temperature Gas Chromatography // Journal of Surfactants and Detergents*, 2015. – V. 8. – №2. – P. 199–202.
2. Dolganova I., Dolganov I., Ivanchina E., Ivashkina E., *Alkylaromatics in Detergents Manufacture: Modeling and Optimizing Linear Alkylbenzene Sulfonation // J. Surfactants Deterg.* – 018. – V. 21. – P. 175–184.
3. Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Долганов И.М., Солопова А.А., Долганова И.О., Пасюкова М.А. *Влияние конструкционных и технологических параметров пленочного реактора сульфирования линейного алкилбензола на скорость образования побочных продуктов с применением метода математического моделирования // Мир нефтепродуктов*, 2020. – №2. – С. 42–49.
4. Ivanchina E., Ivashkina E., Dolganova I., Frantsina E., Dolganov I. *Influence of alkylaromatic hydrocarbons on the efficiency of linear alkylbenzene sulfonic acid synthesis // Chem. Eng. J.*, 2017. – V. 329. – P. 250–261.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛАЦЕТАТА ДЕГИДРИРОВАНИЕМ ЭТАНОЛА В УСЛОВИЯХ РЕАКЦИОННО-РЕКТИФИКАЦИОННОГО АППАРАТА

О.И. Сычева, И.П. Семенов

Научный руководитель – д.т.н., профессор Ю.А. Писаренко

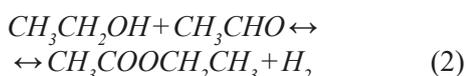
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

ИТХТ им. М.В. Ломоносова

119571, Россия, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 86, KseniaSy4eva@yandex.ru

Традиционным процессом получения этилацетата является процесс на основе этанола и уксусной кислоты по методу этерификации [1].

Более современным и актуальным с точки зрения использования возобновляемого растительного сырья является процесс получения этилацетата методом каталитического дегидрирования этанола [2]:



Для данного процесса исследователям удалось достичь приемлемых показателей процесса (конверсия за проход на уровне 50%, селектив-

Расчёты показали, что при максимальном содержании ароматических углеводородов в сырье 498,76 кг/ч длительность цикла составляет 8–9 дней, а при минимальном содержании ароматических углеводородов – 238,63 кг/ч длительность цикла составляет порядка 15–16 дней.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 20-38-90103.

ность 95%) в условиях адиабатических реакторов с фиксированным слоем катализатора и паровой фазой потока на основе гетерогенных медь-цинковых катализаторов [3, 4, 5].

Известно, что совмещение стадии реакции и разделения в одном аппарате приводит к существенному положительному эффекту как в эксплуатационных, так и в капитальных затратах. При разработке авторами совмещенного реакционно-ректификационного процесса было проведено исследование влияния фазы проведения процесса (паровая/жидкая) на показатели процесса. Для этого был проведен ряд экспериментов на проточной лабораторной установке с использованием катализатора НТК-4 (рис. 1).