

ганическом растворителе с последующим отделением дисперсной воды, с целью дальнейшего вовлечения в автобензины. Осуществлен подбор оптимальной рецептуры новых компонентов бензинов на базе побочного продукта. Проведена оценка физико-химических и эксплуатационных свойств образцов автомобильных бензинов с вовлечением предложенного нового компонента.

Нами определена техническая возможность и предложен экономически и экологически эффективный способ использования нефтесодержащих отходов товарного производства АО «АНХК» – продукт скважинный (ПС) в качестве компонента автомобильных бензинов без предварительной ректификации. Это подтверждается высоким содержанием бензиновых фракций,

и преобладание в углеводородном составе ПС н-алканов C_5-C_{10} (более 90 % мас.). Предложенный метод разделения водно-органических побочных продуктов с целью дальнейшего использования в качестве компонента моторного топлива носит общий характер, и может быть распространен на подобные отходы НПЗ и нефтебаз.

Таким образом, нами предложены новые компоненты и присадка к автомобильным бензинам на базе доступного отечественного сырья, улучшающие эксплуатационные свойства и повышающие маржинальность производства моторных топлив. Кроме того использование побочных продуктов нефтехимии, вносит вклад в решение экологических проблем, связанных утилизацией последних.

Список литературы

1. Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Храпов Д.В., Короткова Н.В., Клейменов А.В., Головочёв В. А. // *Химия и технология топлив и масел-Научно-технический журнал*, 2017.– №2.– С.24–32.
2. *Технический Регламент таможенного союза ТР/ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011г.– №826.*

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ РЕАКЦИОННОЙ РЕКТИФИКАЦИИ

К.Э. Гарсия Серпас

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

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, karlosenrike1@tpu.ru*

1. Введение

Реакционная ректификация (РР) представляет собой интенсификацию процессов синтеза, в которой химическая реакция и разделение продуктов проходят в одной и той же колонне. Это обеспечивает снижение затрат, преодоление термодинамически предельной степени превращения и повышение селективности [1].

Однако, помимо внутренней интеграции яв-

лений химического превращения и разделения фаз, имеет место интеграция самой колонны РР в технологической схеме, которая может привести к значительному повышению энергоэффективности.

Проектирование с помощью алгоритмов численной оптимизация учитывает данные аспекты интеграции, и при этом выдает физически осуществимые решения, раскрывающие

$$\min_x \Psi = \sum C_{\text{кап}} + \sum C_{\text{оп}}$$

Целевая функция, сумма капитальных и оперативных затрат, зависящих от переменных процесса X .

С ограничениями:

$$F(X)=0,$$

Материальные и тепловые балансы процесса.

(1)

$$G(X)=0,$$

Гидравлические и геометрические соотношения.

$$Q(X)=0,$$

Требования к чистоте ЭТБЭ и степень превращения ИБ.

$$lb \leq X \leq ub,$$

Нижние и верхние пределы поиска переменных X .

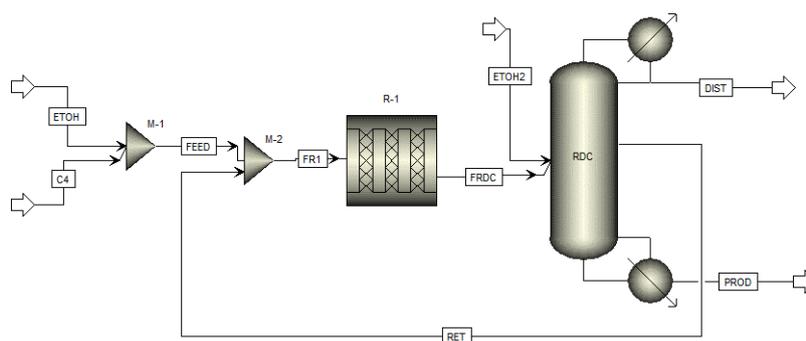


Рис. 1. Реакционно-ректификационная колонна для производства ЭТБЕ

Конструктивные и оперативные параметры X			
RDC	Нагрузка катализатора в тарелке, кг	1	9,00
	Число тарелок	2	51
	Тарелка питания	3	49
	Начало реакционной части	4	22
	Конец реакционной части	5	42
	Тепловая нагрузка кипятильника, кВт	6	4,04
	Флегмовое число	7	11,08
R1	Температура изотермического реактора, °C	8	43,30
RDC	Расход вторичного этанола, кг/ч	9	120,00
	Тарелка подачи вторичного этанола	10	21
	Расход рецикла, кг/ч	11	715,52
	Тарелка отвода рецикла	12	49
RDC	Диаметр колонны, м	13	1,65
	Расстояние между тарелками, м	14	0,50
	Диаметр отверстия тарелки, мм	15	4,00
	Высота сливной перегородки, мм	16	83,20
Производительность процесса и целевая функция			
Степень чистоты товарного ЭТБЭ (масс. д)			0,958
Степень превращения ИБ (мол. д)			0,981
Сумма капитальных и оперативных затрат (тыс. \$/год)			5029,64

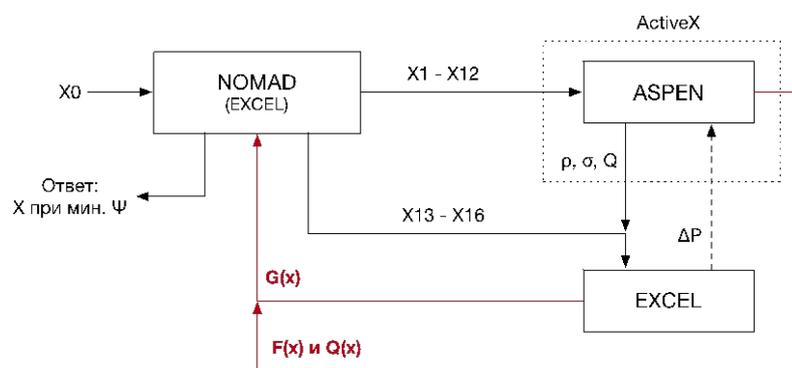


Рис. 2. Результаты оптимального проектирования и схема решения

полную способность реакционной ректификации [2] и соблюдающие условные требования.

2. Оптимальное проектирование систем РР для синтеза ЭТБЭ

Этил трет-бутилового эфира (ЭТБЭ) получают реакцией между изобутиленом (ИБ) и этанолом. Реакция и ее кинетика обсуждены в [3]. Технологическая схема процесса приведена на рисунке 1.

Оптимальное проектирование заключается в решении проблемы типа Совмещенной Целочисленной – Нелинейной Программы. Формулировка задачи оптимизации приведена в уравнении (1).

$C_{\text{кап}}$ и $C_{\text{оп}}$ рассчитаны корреляциями по [4]; ограничения $F(X)$ рассчитаны математической модели процесса синтеза, выполненной в среде

Aspen Plus (технологическая схема на рис. 2); ограничения $G(X)$ приведены в [5]; требования $Q(X)$ и пределы lb , ub заданы произвольно.

Для решения проблемы (1) был использован метод нелинейной оптимизации с прямым поиском MADS, который доступен как плагин для Microsoft Excel NOMAD [6]. Связь между Excel и Aspen выполнена собственным интерфейсом ActiveX на Visual Basic.

3. Результаты и выводы

Проведенная оптимизация успешно определяет конструктивные и оперативные параметры реакционно-ректификационной колонны. Значения переменных проектирования и составленная схема решения проблемы оптимизации приведены на рисунке 2.

Список литературы

1. Amte V. et al. // *Comput. Chem. Eng.*, 2013.– Vol.48.– P.209–217.
2. Frey T. et al. // *Comput. Aided Chem. Eng.*, 2000.– Vol.8.– P.115–120.
3. Sneesby M.G. // *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1997.– Vol.36.– №5.– P.1855–1869.
4. Turton R. *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*. Michigan: Prentice Hall, 2012.
5. Gómez J. M. et al. // *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2006.– Vol.45.– №4.– P.1373–1388.
6. Audet C. // *SIAM J. Optim.*, 2006.– Vol.17.– №1.– P.188–217.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СЕРНОКИСЛОТНОГО АЛКИЛИРОВАНИЯ ИЗОБУТАНА БУТАН-БУТИЛЕНОВОЙ ФРАКЦИЕЙ

Т.А. Гиль

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

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

В настоящее время в нефтеперерабатывающей промышленности образуется большое количество газообразных олефинов, которые можно использовать в качестве сырья для процесса сернокислотного алкилирования изобутана бутан-бутиленовой фракцией, как наиболее распространенного вида алкилирования в России, с целью получения высокооктанового компонента – алкилата [1]. Следовательно, необходимо совершенствование данного процесса.

Наиболее оптимальным способом совершенствования процесса алкилирования является создание нестационарной математической модели. Для ее создания необходимо знать за-

висимости термодинамических и кинетических параметров от регулируемых (давление, температура) для того, чтобы оптимизировать модель и убрать факторы, которые не влияют на результаты расчета [2].

Разработку математической модели начинаем с расчетов термодинамических параметров и их оценки. Анализ проводился в программном пакете Gaussian, была применена процедура B3LYP 3-21, метод DFT. Результаты оценки термодинамических параметров представлены в таблице 1.

Основными компонентами процесса алкилирования изобутана бутан-бутиленовой фрак-