

УДК 66.00112/18

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЗЛА РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОПРЕН- ИЗОАМИЛЕНОВОЙ ФРАКЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОПРЕНА

Д. А. Рыжов
Ассистент*

Н. Н. Зиятдинов
Доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой*

С. В. Антонов
Инженер*

*Кафедра системотехники
Казанский государственный технологический университет
ул. Карла Маркса, 68, г. Казань, 420015
Контактный тел. (843) 231-41-94
E-mail Systech2@yandex.ru

Обґрунтовується актуальність і дається постановка задачі оптимізації стаціонарних режимів установки розділу ізопрен-ізоаміленової фракції виробництва ізопрену. Обговорюються приведені результати розрахунку оптимальних статичних характеристик установки

Ключові слова: ізопрен, дискретно-безперервне нелінійне програмування, оптимальні статичні характеристики

Обосновывается актуальность и дается постановка задачи оптимизации стационарных режимов установки разделения изопрен-изоамиленовой фракции производства изопрена. Обсуждаются приведенные результаты расчета оптимальных статических характеристик установки

Ключевые слова: изопрен, дискретно-непрерывное нелинейное программирование, оптимальные статические характеристики

The actuality is substantiated and the formulation is given for the optimization problem of stationary operation modes of isoprene-isoamylene fraction separation unit of isoprene production. The given results of calculation of optimal static characteristics of the unit are discussed

Keywords: isoprene, discrete-continuous nonlinear programming, optimal static characteristics

1. Введение

Поиск оптимальных решений по интенсификации действующих установок ректификации является актуальной задачей энерго-, ресурсосбережения на предприятиях нефтехимической отрасли, поскольку, как известно, более 60 % энергозатрат в нефтехимии приходится именно на эти процессы. При этом, как показывает практика, одним из важнейших факторов, влияющих на режим работы установок газодифракционирования, является постоянное изменение состава сырья, поступающего на разделение. Таким образом, для оптимального ведения процесса непрерывной ректификации мало иметь оптимальные значения управляющих переменных, найденных для одного состава входного потока установки. Необходимо владеть информацией о тенденции изменения оптимального значения управляющего параметра при изменении состава перерабатываемого сырья. В этом случае наряду с поиском энерго-, ресурсосберегающих режимов

работы установок ректификации, актуальной встает и задача исследования оптимальных статических характеристик узлов газоразделения.

2. Оптимизация стационарных режимов установки разделения изопрен-изоамиленовой фракции производства изопрена

Процессы ректификации являются неотъемлемой частью в производстве изопрена методом двухстадийного дегидрирования изопентана. Одной из установок, входящих в данное производство, является узел экстрактивной ректификации изоамилен-изопреновой фракции с применением в качестве экстрагента диметилформамида (ДМФА). Данный узел включает три колонны ректификации: К-1, К-1а – колонны экстрактивной ректификации, К-2 – колонна десорбции. Каждая колонна имеет несколько возможных тарелок подачи питания и ввода рециклов. Установка замкнута

тремя потоками рециклов. На разделение поступают катализаты 1-й и 2-й стадий дегидрирования изопентана. Продуктовыми потоками узла являются поток изоамиленовой фракции, отбираемой с верха колонны К-1, и поток изопрена-сырца, отбираемого с верха десорбционной колонны К-2.

Со времени ввода в промышленную эксплуатацию технологии получения изопрена методом двухстадийного дегидрирования изопентана (середина прошлого столетия) [1] установки разделения изопрен-изоамиленовой фракции претерпевали множество реконструкций. Это являлось следствием появления новых технологических решений по организации процессов разделения, а также уточнения оптимальных параметров ведения процесса получения изопрена по результатам научных исследований и практических наблюдений. Вместе с тем, внедрение новых технологий накладывало свой отпечаток также на состав перерабатываемых катализаторов [2]. В связи с этим стала актуальной задача исследования зависимостей качества разделения и энергозатрат от изменения значений режимных параметров и поиска на основе проведенных исследований энергосберегающих режимов работы установки. С этой целью было проведено исследование влияния управляющих переменных установки на критерий оптимальности. В качестве критерия оптимальности работы установки приняты суммарные удельные энергозатраты на производство одной тонны изопрена-сырца. По результатам проведенных анализов чувствительности было определено, что наиболее существенное влияние на удельные энергозатраты оказывают расход и температура ДМФА, температуры катализаторов 1,2; температура куба колонны К-1а, расходы флегмы в колонны К-1, К-2; расход рецикла из колонны К-2 в колонну К-1. Так же было установлено, что на критерий оптимальности существенное влияние оказывают номера тарелок подачи ДМФА в колонну К-1, потока питания колонны К-1а, и уровень ввода потока рецикла из колонны К-2 в К-1. Таким образом, очевидно, что имеются такие значения перечисленных режимных параметров установки, при которых суммарные удельные энергозатраты узла разделения примут минимальное значение.

Задача поиска энергосберегающего режима работы установки была поставлена следующим образом. При заданной нагрузке по изоамилен-изопреновой фракции необходимо найти такие значения перечисленных режимных параметров (принятых в качестве поисковых переменных), при которых выполняются ограничения (на качество получаемых продуктов, максимальные температуры в кубах колонн, максимальные расходы флегмы в колонны) и критерий оптимальности, суммарные удельные затраты, примет минимальное значение.

Это задача дискретно-непрерывной оптимизации, в которой номера тарелок ввода питания в колонны являются дискретными, а режимные параметры – непрерывными поисковыми переменными. Для решения поставленной задачи был использован подход предложенный ранее в [3]. Данный подход основан на совместном использовании методов ветвей и границ и структурных параметров.

С применением предложенного подхода были получены оптимальные статические характеристики

узла разделения изоамилен-изопреновой фракции. Построение оптимальных статических характеристик заключалось в поиске оптимальных режимов работы рассматриваемого технологического объекта при различных составах входных потоков установки.

Как показал анализ данных промышленной эксплуатации, наиболее подвержен изменениям, как по расходу, так и по составу, поток катализата второй стадии дегидрирования. Кроме того, массовый расход катализата 2 намного больше расхода катализата 1, и тем самым изменение его параметров намного существеннее сказывается на режиме работы установки. Таким образом, при построении статических характеристик в качестве варьируемого параметра было выбрано содержание изопрена в потоке катализата 2.

3. Анализ результатов исследований

Полученные результаты исследования представлены на рис. 1 – 5.

Из полученных оптимальных статических характеристик большой интерес представляют зависимости оптимальных значений расхода и температуры ДМФА от содержания изопрена в потоке катализата 2, представленные на рис. 1.



Рис. 1. Зависимости оптимальных значений расхода и температуры ДМФА от содержания изопрена в катализате 2

Из представленных зависимостей видно, что изменение оптимального расхода и температуры ДМФА при изменении содержания изопрена в составе сырья имеет экстремальный характер. Это связано с тем, что диметилформамид проявляет сорбирующие свойства как к изопрену, так и к изоамилену. Таким образом, при преобладании изопрена в составе исходной фракции, подаваемой на установку, необходимо меньшее количество экстрагента для получения заданного качества разделения при одинаковой нагрузке по катализатам, иначе происходит унос изоамилена с фракцией изопрена-сырца, нарушая тем самым регламентные требования на качество получаемых продуктов. Вместе с тем, при уменьшении расхода растворителя, его температуру необходимо понизить для улучшения сорбирующих свойств ДМФА по отношению к изопрену.

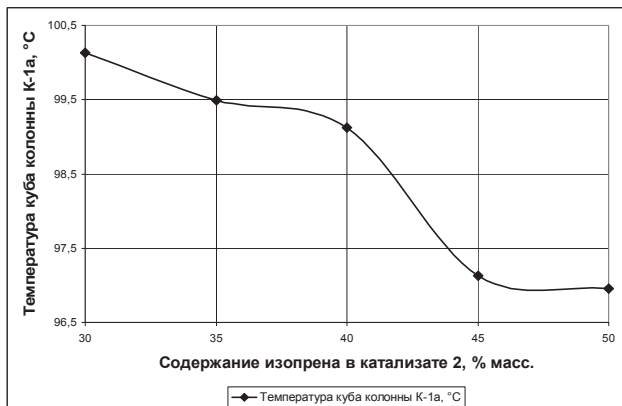


Рис. 2. Зависимость оптимального значения температуры куба колонны К-1а от содержания изопрена в катализате 2

На рис. 2 представлена зависимость оптимальной температуры куба колонны К-1а от содержания изопрена в катализате 2-й стадии дегидрирования. Данная зависимость объясняется первым законом Коновалова, в соответствии с которым температура кипения смеси снижается при добавлении в нее легкого компонента, которым в нашем случае является изопрен.

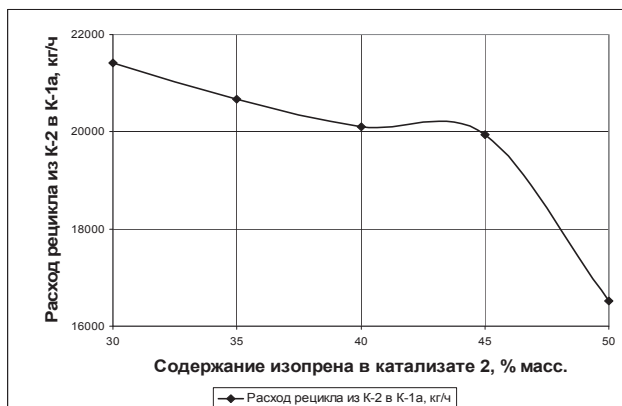


Рис. 3. Зависимость оптимального значения расхода рецикла из К-2 в К-1а от содержания изопрена в катализате 2

На рис. 3 отображено влияние содержания изопрена в катализате 2 на оптимальное значение расхода рецикла из К-2 в К-1а. Рецикл изопреновой фракции из К-2 в К-1а реализован с целью уменьшения термополимеризации изопрена в кубе колонны К-1а за счет снижения температуры кипения смеси при разбавлении ее легким компонентом. На рис. 2 показано, что с увеличением содержания изопрена в составе сырья, оптимальное значение температуры куба колонны К-1а снижается, таким образом, при увеличении содержания изопрена в исходной изопрен-изоамиленовой фракции будет снижаться и оптимальное значение расхода рецикла.

Из зависимостей, представленных на рис. 4 следует, что оптимальные значения расходов флегмы колонн К-1, К-2 снижаются с увеличением содержания изопрена в составе разделяемой изопрен-изоамиленовой фракции. Это объясняется следующими причинами.

Снижение расхода флегмы колонны К-1 связано с понижением температуры кипения смеси, вызванное

добавлением в нее тяжелого ключевого компонента (см. рис. 2). То есть, с понижением температуры куба колонны К-1а, происходит уменьшение нежелательных примесей в составе дистиллята колонны К-1, что в свою очередь влечет снижение расхода флегмы, обеспечивающего заданное качество разделяемой смеси.

При преобладании изопрена в составе исходной фракции по сравнению с изоамиленом происходит значительное снижение содержания последнего в дистилляте колонны К-2 (фракция изопрена-сырца). Так как изоамилен является основной нежелательной примесью данного продуктового потока установки, уменьшение его в нем приведет к сокращению требуемого количества флегмы колонны К-2.

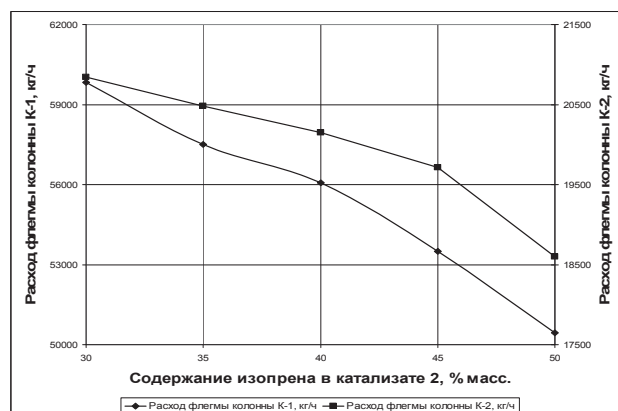


Рис. 4. Зависимость оптимальных значений расходов флегм колонн К-1, К-2 от содержания изопрена в катализате 2

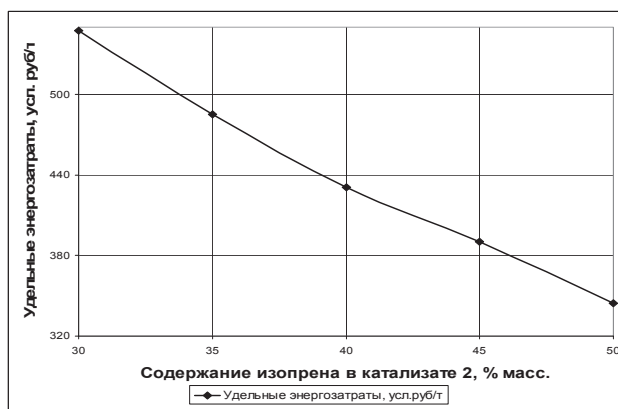


Рис. 5. Зависимость оптимального значения суммарных удельных энергозатрат установки от содержания изопрена в катализате 2

На рис. 5 представлена зависимость оптимального значения суммарных удельных энергозатрат установки от содержания изопрена в катализате 2.

Уменьшение оптимального значения суммарных удельных энергозатрат установки с увеличением содержания изопрена в катализате 2-й стадии дегидрирования вызвано многими факторами. Это связано в 1-ю очередь со снижением суммарных энергозатрат установки, вызванным уменьшением температуры куба колонны К-1а и расходов флегм колонн К-1, К-2. Кроме этого, при увеличении изопрена в составе раз-

деляемой фракции увеличивается расход изопрена-сырца, отбираемого с верха колонны К-2, а принятые нами в качестве критерия оптимальности удельные энергозатраты, находятся в обратной зависимости от расхода дистиллята колонны К-2.

Литература

1. Кирпичников П.А. Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического ка-

учука [Текст] / П.А. Кирпичников, В.В. Береснев, Л.М. Попова. – Л.: Химия, 1986. – 224 с.

2. Павлов, С.Ю. Выделение и очистка мономеров для синтетического каучука [Текст] / С.Ю. Павлов – Л.: Химия, 1987. – 232 с.
3. Островский, Г.М. Выбор оптимальных тарелок питания в замкнутой системе ректификационных колонн [Текст] / Г.М. Островский, [и др.] // ТОХТ. – 2008. – Т. 42. – № 4. – С. 401 – 412.

УДК 536.248.2

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ПОДВИЖНЫМИ ФРОНТАМИ РАЗДЕЛА КИНЕТИЧЕСКИХ ЗОН

Л.М. Мусабекова

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра «Вычислительная техника и программное
обеспечение»Южно-Казахстанский государственный университет им.
М. Ауезовапр. Тауке-хана, 5, г. Шымкент, Республика Казахстан,
160024

Контактный тел.: (07252) 30-14-12 0705-202-64-08

E-mail: mleyla@bk.ru

Наведені результати числових досліджень хімічних апаратів з рухомими фронтами поділу кінетичних зон. Подана оцінка впливу параметрів процесу на швидкість пересування фронту реакції, концентрацію продукту та компоненту реакції на границі поділу фаз

Ключові слова: моделювання, рухомі границі, кінетичні зони

Приводятся результаты численных исследований химических аппаратов с подвижными фронтами раздела кинетических зон. Дана оценка влияния параметров процесса на скорость перемещения фронта реакции, концентрацию продукта и компонента реакции на границе раздела фаз

Ключевые слова: моделирование, подвижные границы, кинетические зоны

This work represents results of computational simulation of the chemical apparatuses with moving boundary planes of kinetic zones. The evaluation of control parameters influence on the velocity of moving reaction plane, boundary reaction product and component concentration is given

Key words: simulation, moving boundaries, kinetic zones

В работе [1] показана математическая модель процесса хемосорбции с движущимся фронтом мгновенной необратимой реакции при малых числах Рейнольдса в системе газ-жидкость до и после момента времени формирования фронта реакции $t=t^*$. Разработанная в работе модель, в отличие от известной работы авторов [2], учитывает:

- влияние диффузионного переноса продукта реакции на кинетические характеристики хемосорбции;
- межмолекулярное взаимодействие при расчете реакционно-диффузионных систем.

Для неидеальной системы т.е. для учета межмолекулярного взаимодействия использована зависимость коэффициента диффузии от концентрации компонен-