МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ УЗЛА ВЫДЕЛЕНИЯ ВОЗВРАТНОГО ИЗОБУТИЛЕНА И ИЗОПРЕНА

MODELING AND AUTOMATION OF THE ISOBUTYLENE AND ISOPRENE RECOVERY NODE

УДК 681.5

Амиров А.Р., Магистрант, 2 курс, факультет «Информационных технологий» Нижнекамский химико- технологический институт Россия, г. Нижнекамск

Лежнева Н.В., кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационных систем и технологий» Нижнекамский химико-технологический институт Россия, г. Нижнекамск

Amirov A. R., albertamirov777@yandex.ru

Lezhneva N. V., albertamirov777@yandex.ru

Аннотация

Разработана математическая модель узла выделения возвратного изобутилена и изопрена. На основе моделирования проведено исследование процесса разделения изобутилен-изопреновой фракции в промышленной ректификационной установке. Определены контрольные тарелки при возмущениях по расходу и составу питания, выработаны рекомендации по модернизации существующей системы управления узлом с целью снижения энергозатрат на разделение.

Annotation

In this article, a mathematical model was developed for the rectification plant for the separation of isobutylene and isoprene in the Aspen HYSYS software

environment. the developed model was used to study the process of separation of isobutylene-isoprene fraction, and the influence of parameters on the efficiency of the process was determined. As a result of the simulation, after making disturbances in the consumption and composition of food, the temperature gradient was determined, which determined the control plate in the column of rectification of return isobutylene and isoprene.

Ключевые слова: Ректификация, контрольная тарелка, система управления.

Keywords: Rectification, control plate, control system.

Ректификационные колонны являются объектами управления с большими запаздываниями, такие возмущения, как расход, температура и состав питания и др. существенно изменяют режим всей колонны. В системах управления ректификационными установками наиболее часто реализуются каскадные схемы регулирования расхода флегмы с коррекцией по температуре верха колонны. Однако на практике изменение температуры верха колонны при отклонении состава и расхода исходной смеси в пределах 5-20 % мало, поэтому имеет смысл в качестве параметра в каскадных схемах регулирования использовать значение температуры в тех точках, где ее градиент максимален. Определение градиента температуры по высоте ректификационной колоны при возмущениях по различным каналам возможно на основе математического моделирования процесса ректификации.

На заводе бутилового каучука ПАО «Нижнекамскнефтехим» осуществляется отгонка изобутилена от изопрена в ректификационной установке К-145. Целевым продуктом является дистиллят колонны (изобутилен).

Режимные и конструктивные параметры К-145 следующие:

Диаметр колонны – 1.9 м,

Число тарелок – 77 шт.,

Номер тарелки питания – 44,

Расстояние между тарелками – 450 мм,

Давление верха колонны– 3,5 кгс/см^2,

Давление низа колонны– 3,6 кгс/см^2,

Температура низа колонны– 75°С,

Температура верха колонны– 30°С,

Расход питания – 2500 кг/ч,

Расход флегмы– 3600кг/ч,

Расход греющего пара в кипятильник – 2000 кг/ч,

Флегмовое число– 2.

Состав исходной разделяемой изобутилен-изопреновой фракции:

изобутилен 0,778 мас. доли,

изопрен 0,118 мас. доли,

н-пентан 0,1040 мас. доли.

Теоретической основой разработанной математической модели являются уравнения материального и теплового балансов, а также равновесия. Для расчета равновесия жидкость–пар в многокомпонентной системе использовано уравнение Вильсона [1]:

$$\frac{g^E}{RT} = -\sum_{i=1}^{n} x_i \ln\left(\sum_{j=1}^{n} x_j \Lambda_{ij}\right), \quad \Lambda ij = [\upsilon_j^{(l)}/ \upsilon_i^{(l)}]\exp(-Cij/RT), \qquad C_{ij} = \lambda ij - \lambda ii,$$

где g^E -избыточная энергия Гиббса, Т- температура, R- универсальная газовая постоянная, n-количество компонентов, Cij - энергетические параметры уравнения (Cii = 0); Λij – приведенные значения параметров (Λii = 1); λij, λii – переменные, характеризующие энергии взаимодействия молекулярных пар i – j и i – i; λji = λij.

Результаты моделирования процесса ректификации изобутилен-изопреновой фракции в программной среде HYSYS приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение расчетных и экспериментальных данных.

Компоненты	Состав, мас. доли				
	Питание	Дистиллят		Куб	
		Расчет	Экспер-т	Расчет	Экспер-т
Изобутилен	0,778	1	1	0,28135	0,2813
Изопрен	0,118	0	0	0,39224	0,3923
Н-пентан	0,104	0	0	0,32641	0,3264

Разработанная модель позволяет проводить исследование процесса разделения изобутилен-изопреновой фракции в ректификационной установке К-145, выработать рекомендации по модернизации существующей системы управления установкой. С этой целью определены профиль температуры по высоте колонны и ее градиент при возмущениях по каналу питания (состав, расход).

Результаты моделирования (рис. 1, 2) свидетельствуют о том, что контрольными тарелками К-145 являются: в отпарной секции колонны 72 тарелка, а в укрепляющей - 8 тарелка.

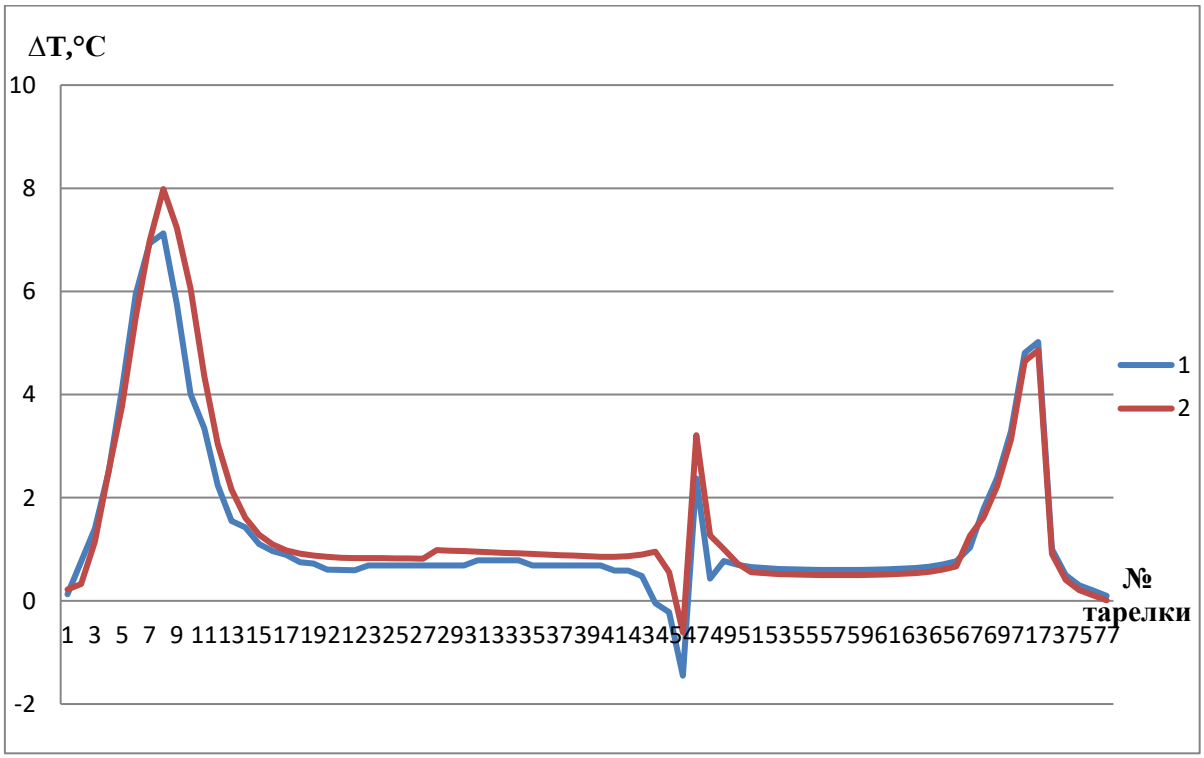


Рис. 1. Зависимость перепада температуры на тарелке от номера тарелки: 1– при увеличении расхода исходной смеси на 20%, 2 –при уменьшении расхода исходной смеси на 20%

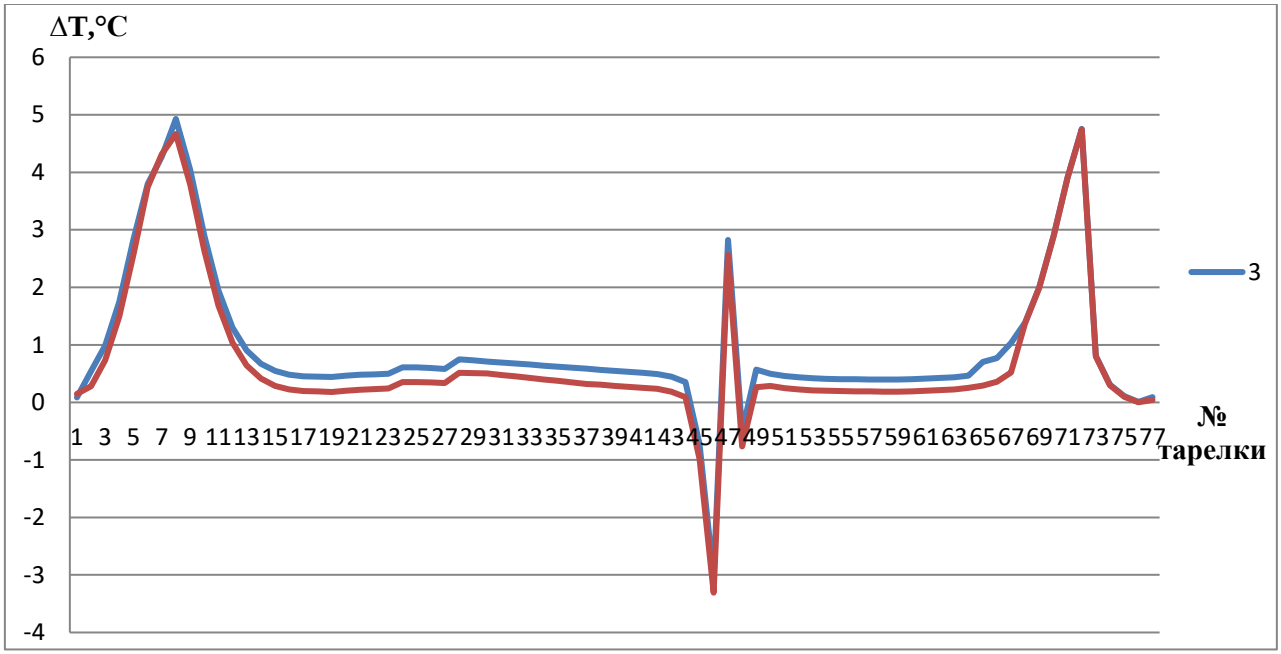


Рис. 2. Зависимость перепада температуры на тарелке от номера тарелки: 1– при увеличении состава исходной смеси на 5%, 2 –при уменьшении состава исходной смеси на 5%

В существующей системе управления ректификационной установкой разделения изобутилен-изопреновой фракции К-145 применяется одноконтурная система регулирования расхода флегмы. Для улучшения качества управления процессом и снижения энергозатрат на разделение предлагается замена одноконтурной АСР расхода флегмы на каскадную с коррекцией по температуре на контрольной 8 тарелке колонны. На основе моделирования на Mathlab одноконтурной и каскадной АСР расхода флегмы установлено, что время регулирования с каскадным контуром сократится на 30%, что позволит снизить потребление греющего пара в кипятильник колонны более, чем на 5000 тонн в год.

Заключение.

По результатам моделирования определены контрольные тарелки ректификационной колонны разделения изобутилен-изопреновой фракции К-

145. Рассчитаны существующая одноконтурная система регулирования расхода флегмы, а также предлагаемая каскадная АСР расхода флегмы с коррекцией по температуре на контрольной 8-й тарелке колонны. Модернизация системы управления узлом путем замены одноконтурной на каскадную приведет к улучшению качества управления процессом, позволит наиболее чувствительно и оптимально управлять расходом греющего пара, снижая энергозатраты.

Использованные источники:

1. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.

Sources used:

1. Kafarov V. V., Glebov M. B. Mathematical modeling of the main processes of chemical production. - Moscow: Higher school of Economics, 1991. - 400 p.