

УДК 621.59.031

¹А.В. Кортиков, канд. техн. наук, ²Е.Ю. Тарасова

ОАО «Криогенмаш», пр. Ленина, 67, г. Балашиха Московской области, РФ, 143907

e-mail: ¹kortikov@cryogenmash.ru; ²elena_tarasova@cryogenmash.ruORCID: ¹http://orcid.org/0000-0002-8782-3290; ²http://orcid.org/0000-0003-1982-8361

ПРИНЦИПЫ НАКОПИТЕЛЬНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА

Существующая технология концентрирования криптона и ксенона в установках разделения воздуха не позволяет получать концентрат с суммарным содержанием Kr и Xe выше 0,4...0,5 %. Предложен вариант накопительной ректификации, заключающийся в концентрировании труднолетучих компонентов смеси в кубе колонны с постоянным потоком питания без отбора нижнего продукта. Рассмотрена схема установки накопительной ректификации для концентрирования криптона и ксенона из смеси, в которой кислород предварительно замещен на азот. Приведены результаты расчёта изменения состава смеси в накопительной ёмкости во времени. Показана возможность значительного увеличения содержания Kr и Xe в продукционном концентрате, отбираемом из ВРУ. Предложенный способ позволяет снизить затраты на транспортировку и дальнейшую переработку концентрата.

Ключевые слова: Ректификация воздуха. Колонна. Поток питания. Смесь. Труднолетучие компоненты. Криптон. Ксенон. Концентрирование. Накопительная ёмкость.

1. ВВЕДЕНИЕ

Низкотемпературная ректификация воздуха была и остается основным технологическим процессом крупнотоннажного производства кислорода, аргона и азота. На её основе получают неон, криптон и ксенон [1,2]. Процесс предполагает непрерывное поступление исходного потока воздуха в блок разделения и непрерывный отвод продуктов разделения в газообразном и/или жидком состоянии.

Ректификационные колонны воздухоразделительных установок (ВРУ) в нормальном режиме работы характеризуются постоянными расходами пара и флегмы, стационарным полем температур и концентраций по высоте колонн, а также постоянными расходами верхнего, нижнего и, при наличии, — промежуточного продуктов разделения. Исключение составляют переходные режимы, связанные с пуском блока, когда происходит накопление жидкости на тарелках или насадке и формирование рабочего поля концентраций. Но и в этот период в колонны непрерывно поступают потоки питания, а из колонн непрерывно отводятся верхние и нижние продукты разделения. Для установок с получением аргона существует достаточно длительный период его накопления в колонне технического аргона, когда она работает фактически без отбора верхнего продукта [3], однако такой режим также относится к пусковому периоду и не меняет общей картины.

Вместе с тем, в технологии низкотемпературного разделения воздуха возможно использование альтер-

нативного способа ректификации, а именно накопительной ректификации.

2. ПРИНЦИП НАКОПИТЕЛЬНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ

Ректификация с накоплением — это способ разделения смеси в ректификационной колонне, когда при непрерывно поступающем потоке питания из колонны достаточно длительное время отводится только один продукт — верхний или нижний. В результате в колонне происходит накопление одного или нескольких компонентов потока питания. Обязательным условием, необходимым для практической реализации такого процесса, является низкая концентрация указанных компонентов. Поскольку речь в дальнейшем пойдёт о концентрировании труднолетучих компонентов воздуха — криптона и ксенона, рассмотрим работу колонны с отбором только верхнего продукта, в который переходят лёгколетучие компоненты потока питания.

Отсутствие отбора нижнего продукта ректификационной колонны обеспечивается за счёт испарения жидкости, находящейся в кубе колонны, с расходом, равным расходу сливающейся в куб колонны флегмы, и возврата полученного пара в колонну. В этом режиме содержание труднолетучих компонентов в кубе колонны будет постоянно возрастать вплоть до того момента, когда эта жидкость будет состоять из одного, наиболее труднолетучего компонента смеси. Конечно, такая ситуация возможна только при наличии достаточного числа тарелок в колонне, а также усло-