

УДК 621.59:04-182.1

А.С. Бронштейн, канд. техн. наук

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

e-mail: bronshain@cryogenmash.ruORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8903-9061>

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЯ КРИОГЕННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРИПТОНА И КСЕНОНА ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ

Разработана и введена в эксплуатацию установка получения высокочистых криптона и ксенона из первичного криптонового концентрата. Рассмотрены основы построения технологической схемы узла получения чистых продуктов и результаты промышленной эксплуатации установки КрКс-0,0005/0,00004 на двух объектах в Китае. Создан усовершенствованный вариант установки типа КрКс производительностью по первичному криптоновому концентрату 500 нм³/ч для воздухоразделительных установок, вырабатывающих 80000 нм³/ч кислорода.

Ключевые слова: Криптон. Ксенон. Азот. Кислород. Первичный криптоновый концентрат. Ректификационная колонна.

1. ВВЕДЕНИЕ

Промышленные технологии извлечения криптона и ксенона из воздуха начали интенсивно развиваться со середины прошлого столетия. Для их получения использовался первичный криптоновый концентрат (ПКК) с 0,1-0,2 % (Kr+Xe). Из ПКК затем производили криптоноксеноновую смесь, содержащую 98,5-99 % (Kr+Xe) [1, 2]. Очистка ПКК от кислорода производилась методом ректификации или адсорбции. Принципиально эти решения сохранились и до настоящего времени, однако схемы установок и конструкции аппаратов постоянно совершенствовались с целью улучшения их технико-экономических показателей [3-6]. Заметные успехи были достигнуты и при создании установок получения чистых криптона и ксенона из криптоноксеноновой смеси [7-9]. Сейчас имеется спрос на оборудование полного цикла получения чистых криптона и ксенона из ПКК в масштабах одной установки. Для его удовлетворения в ОАО «Криогенмаш» была разработана и введена в эксплуатацию установка КрКс-0,0005/0,00004. В настоящей статье остановимся на особенностях установки и её характеристиках.

2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ КрКс

За последнее десятилетие интерес к производству тяжелых инертных газов со стороны владельцев воздухоразделительных установок резко возрос, что объясняется растущим спросом на криптон и особенно на ксенон. Многие компании — производители криогенной техники отреагировали на эти тенденции предложением усовершенствованных установок для извлечения криптона и ксенона из воздуха, удовлетворяющих современным требованиям к ряду показателей, включая удельные энергозатраты, чистоту получаемых про-

дуктов, коэффициент извлечения криптона и ксенона, эксплуатационную надежность оборудования.

Работы по коренной модернизации установок получения редких газов в ОАО «Криогенмаш» начались в 2005 г., когда некоторые компании Китая запросили информацию о наших технологиях для производства криптона и ксенона. Эти технологии должны были предусматривать полный цикл переработки, начиная с получения ПКК на воздухоразделительных установках и заканчивая производством сверхчистых криптона и ксенона. За основу была взята установка УСК-0,45, спроектированная нашим предприятием для фирмы «Соваль» (Франция) в 1993 г. Эта установка, как и установки предшествующих выпусков серии УСК, была предназначена для производства криптоноксеноновой смеси, которая затем централизованно перерабатывалась на оборудовании предприятий малого бизнеса с целью производства товарных криптона и ксенона. Однако большинство зарубежных заказчиков предпочитает весь цикл производства высокочистого криптона и ксенона организовать в одной установке и иметь самостоятельный выход на рынки тяжелых инертных газов. Поэтому предприятие в 2008 г. разработало указанную установку типа КрКс для рынка Китая. Основные параметры установки приведены табл. 1.

Установка состоит из следующих блоков: компрессии жидкого первичного криптонового концентрата, выжигания углеводородов, охлаждения ПКК, блока комплексной очистки, блока вторичного концентрирования криптона и ксенона и чистых продуктов. Все перечисленные блоки изготавливаются в виде модулей полной заводской готовности и имеют транспортабельные габариты. Управление установкой осуществляется в полуавтоматическом режиме одним оператором.