

УДК 66.048.3; 621.593; 546.294, 295; 621.6.023

¹В.Л. Бондаренко, докт. техн. наук; ²Ю.М. Симоненко, докт. техн. наук; ³Е.Г. Корж, аспирантка¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Лефортовская наб., д. 1, факультет «Энергомашиностроение», г. Москва, РФ, 105005;^{2,3} Одесская национальная академия пищевых технологий, Учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082e-mail: ¹nadia@iceblick.com; ²ysim1@yandex.ru; ³liza1315@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВОК ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ РЕДКИХ ГАЗОВ

Актуальной проблемой при производстве Kr и Xe из их концентратов является снижение затрат энергии, повышение степени извлечения и обеспечение безопасности. Дана характеристика источников криптоноксенонового концентрата. Рассмотрены основные этапы технологии получения криптона и ксенона из воздуха. Изложены результаты патентного поиска решений по обогащению первичного концентрата и разделению криптоноксеноновой смеси. Отмечено преимущество адсорбционной технологии получения криптонового и ксенонового концентратов. Выявлены резервы повышения эффективности отдельных установок, реализующих технологический цикл получения криптона и ксенона.

Ключевые слова: Криптон. Ксенон. Криптоноксеноновый концентрат. Конденсационный и адсорбционный методы обогащения. Удельное энергопотребление.

1. ВВЕДЕНИЕ

Криптон и ксенон являются ценными продуктами, находящими все более широкое применение в различных отраслях промышленности и науки. Смесьми на основе тяжелых инертных газов заполнены лампы прожекторов и оптических печей, импульсные источники света и ячейки плазменных дисплеев. В медицине ксенон востребован как эффективное и безопасное анестезирующее средство, а смеси Kr и Xe используют в качестве рабочего тела эксимерных лазеров, применяемых в медицине. Для коррекции орбит спутников связи всё шире применяют ксеноновые ионные двигатели.

Криптон и ксенон извлекают из их концентратов, отводимых из воздуходелительных установок (ВРУ) высокой производительности (рис. 1). Годовое производство указанных газов в Украине в сумме превышает 40 тыс. м^3 [1-3].

Актуальной проблемой является снижение энергозатрат, повышение степени извлечения и обеспечение безопасности процессов сепарации на стадии обогащения концентрата тяжелых редких газов. Этой теме посвящены десятки научных работ и патентов. Ниже представлен анализ известных технических решений.

2. ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРВИЧНОГО КРИПТОНОКСЕНОНОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ВОЗДУХА

Объемная концентрация криптона в атмосфере не превышает 0,00014 %, ксенона — на порядок меньше. Температуры кипения Kr и Xe выше соответствующих температур других компонентов воздуха. В соответствии с законом Коновалова в процессе разделения в ВРУ они концентрируются в жидком кис-

лорде [4, 5]. Сначала криптон и ксенон полностью «отмываются» в куб нижней колонны НК (рис. 2). На второй стадии в виде весьма бедного криптоном раствора (кубовой жидкости) тяжелые «инерты» переводятся в верхнюю колонну ВК. В ней криптон и ксенон уносятся флегмой в конденсатор КИ. Суммарная концентрация Kr-Xe в потоке кислорода, отбираемом над конденсатором, не превышает 0,0006 %. Таким образом, в ВРУ концентрация целевых продуктов возрастает примерно в пять раз. Для повышения степени извлечения весь поток производственного кис-

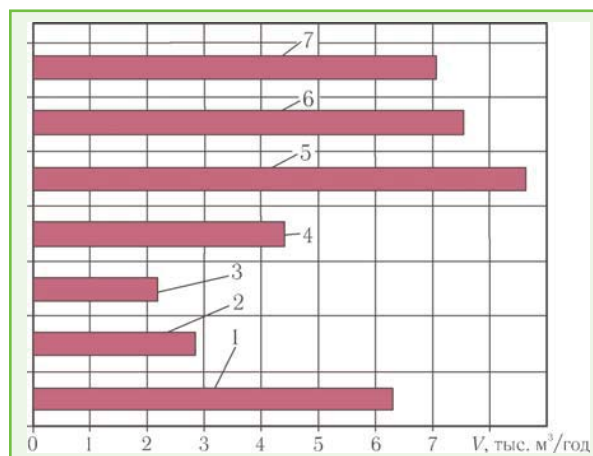


Рис. 1. Годовое производство криптоноксенонового концентрата в металлургической отрасли Украины по данным [1-3]:

1 — Алчевский меткомбинат; 2 — Днепровский меткомбинат им. Дзержинского; 3 — Енакиевский метзавод; 4 — Меткомбинат «Запорожсталь»; 5 — «АрселорМиттал Кривой Рог»; 6, 7 — Мариупольские меткомбинаты им. Ильича и «Азовсталь»