

УДК 621.564.27

**Ю.М. Симоненко**

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, г. Одесса, 65039

e-mail: [ysim1@ya.ru](mailto:ysim1@ya.ru)ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7827-0591>

## МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВКАХ ПОЛУЧЕНИЯ НЕОНА И ГЕЛИЯ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ

*Рассмотрена классическая технология переработки неонгелиевого концентрата. Обоснована необходимость снижения удельных затрат энергии на получение легких инертных газов. Выявлены резервы уменьшения эксплуатационных расходов при переработке отдувочного потока, состоящего из неона и гелия. Предложено включить в схему мембранный модуль, в котором происходит отделение неонowego потока и одновременное обогащение смеси гелием. Экономичность технологии получения неона и гелия повышается за счет увеличения длительности цикла работы криогенных адсорберов и снижения числа компрессоров.*

**Ключевые слова:** Неон. Гелий. Сепаратор. Ректификационная колонна. Компрессор. Адсорбер. Мембранный модуль.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Сырьё для извлечения лёгких инертных газов (Ne и He) получают одновременно с выделением кислорода из атмосферного воздуха. Как правило, крупные воздухоразделительные установки позволяют производить неонгелиевую смесь с содержанием целевых продуктов около 50 %.

В качестве побочных примесей в концентрате преобладают азот и водород. Очистку от водорода обычно проводят с использованием реакции окисления  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ .

Неон и гелий являются инертными газами, поэтому их разделение возможно только физическими методами. Процессы обогащения и тонкой очистки этих газов осуществляются при температурах  $T=30\text{...}78\text{ К}$ . Криогенное обеспечение сепарации на таком температурном уровне связано со значительными эксплуатационными расходами. В условиях обострения конкуренции и повышения цен на энергоносители переход к энерго- и ресурсосберегающим технологиям становится особенно актуальным.

### 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ НЕОНА ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ

Совокупность отдельных этапов производства неона и гелия схематически показана на рис. 1. Реализуемые при этом процессы можно условно разделить на несколько стадий [1]:

I. Приёмка баллонов с исходной смесью, которую доставляют из нескольких источников (обычно — из кислородных цехов металлургических предприятий).

II. Очистка смеси от водорода химическим мето-

дом; поглощение и удаление продукта реакции ( $\text{H}_2\text{O}$ ) путем конденсации и адсорбционным методом при температуре окружающей среды.

III. Обогащение смеси путём конденсации большей части находящегося в ней азота в дефлегматоре при температурах  $T=68\text{...}77,4\text{ К}$ .

IV. Глубокая (окончательная) очистка смеси от азота и других примесей в адсорберах при температуре жидкого азота ( $T=77,4\text{ К}$ ).

V. Разделение неонгелиевой смеси в колонне при  $T\approx 30\text{ К}$ , сопровождаемое получением чистого неона и образованием гелиевой отдувки ( $y_{\text{He}}\approx 80\%$ ).

VI. Переработка отдувочного потока в адсорбере при температуре жидкого азота ( $T=77,4\text{ К}$ ), сопровождаемая получением чистого гелия и возвратного потока неонowego концентрата ( $y_{\text{Ne}}\approx 75\%$ ).

Цель настоящего исследования — повышение экономичности последних двух (пп. V и VI) стадий переработки неонгелиевого концентрата.

Типовая схема блока для разделения неонгелиевой смеси показана на рис. 2 [2]. В циркуляционный компрессор К1 поступает очищенная неонгелиевая смесь с природным соотношением неона и гелия (примерно 75 % Ne и 25 % He) и давлением  $P=0,13\text{ МПа}$  (абс.). После сжатия до давления  $P=2,5\text{ МПа}$  поток последовательно охлаждается в основном рекуперативном теплообменнике ТО1, азотной ванне АВ и низкотемпературном теплообменнике ТО2 до температуры ниже 40 К. При этих условиях неон в потоке сжатой смеси частично сжижается. Процесс охлаждения смеси до температуры  $T=30\text{...}31\text{ К}$  происходит в теплообменнике ТО3, а затем в змеевике ИК. За счёт теплового контакта с неоном, кипящим в кубе ректификационной колонны РК, большая часть смеси переходит в жидкое состояние. Парожидкостная смесь неона и гелия разде-