

УДК 621.593

**В.Л. Бондаренко, А.П. Графов\***

Одесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

\*e-mail: grafov@iceblick.com

**М.Ю. Куприянов, А.А. Кислый, А.С. Сирош**

ООО «Айсблик», ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗОТОПА  $^3\text{He}$  ИЗ ПРИРОДНОГО ГЕЛИЯ**

Приведены результаты эксперимента по обогащению природного гелия изотопом  $^3\text{He}$  методом фильтрования при температуре менее 2,1 К. Рассмотрены особенности применения низкотемпературной ректификации для разделения изотопов гелия. Изложены метод выбора и результаты численной оценки оптимальных параметров работы ректификационной колонны. Обоснован выбор степени обогащения в смежных этапах технологии получения изотопа  $^3\text{He}$  из товарного гелия, исходя из минимума общих энергетических затрат на криостатирование. Выполнена оценка требуемой удельной холодопроизводительности средств криостатирования сверхтекучего гелия в установке получения изотопа  $^3\text{He}$  из природного гелия.

**Ключевые слова:** Физика низких температур. Гелий. Изотопы гелия.  $^3\text{He}$ . Фильтрование. Сверхтекучесть. Пористая перегородка. Ректификация. Промышленная установка. Насадка. Флегмовое число.

**V.L. Bondarenko, A.P. Grafov, M.Yu. Kupriyanov, A.A. Kisliy, A.S. Sirosh****OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF  $^3\text{He}$  ISOTOPE EXTRACTING FROM NATURAL HELIUM**

The results of experimental show the enrichment of natural helium isotope  $^3\text{He}$  by filtering at a temperature less than 2,1 K. The features of application the low-temperature rectification are considered for separation of helium isotopes. The method of selection and the results of the numerical evaluation of the optimal parameters of work the distillation column are presented. The choice of the degree of enrichment in related stages of technology of reception the  $^3\text{He}$  isotope out of commodity helium based on the minimum total energy costs of cryostatting is justified. The estimation of the required specific cooling capacity means cryostatting of superfluid helium in the installation receipt  $^3\text{He}$  isotope from natural helium is performed.

**Keywords:** Low temperature physics. Helium. Helium isotopes.  $^3\text{He}$ . Filtration. Superfluidity. Porous partition. Rectification. Industrial installation. Nozzle. Reflux ratio.

**1. ВВЕДЕНИЕ**

Как известно, сырьём для получения изотопа  $^3\text{He}$  может быть природный гелий, являющийся естественной смесью изотопов  $^4\text{He}$  и  $^3\text{He}$ . Концентрация изотопа  $^3\text{He}$  в гелии, который извлекают из природного газа, составляет, в среднем, 0,1-0,2 ppm, а в гелии, который извлекают из продуктов разделения воздуха, — 1,4 ppm. Чистый изотоп  $^3\text{He}$  может быть получен традиционными методами низкотемпературной ректификации или адсорбции только из концентрата, в котором содержание изотопа  $^3\text{He}$  должно быть в  $10^3...10^4$  раз больше, чем в природном гелии. Наиболее эффективным методом получения такого концентрата из природного гелия является фильтрование последнего при температуре менее 2,1 К [1].

Известен опыт использования такого фильтрования и последующей ректификации для получения чистого гелия-3 из небольших количеств разбавленных растворов  $^4\text{He}-^3\text{He}$  в лабораторных условиях, для которых затраты на получение гелия-3 не имеют практического значения [2-4]. И, напротив, эти затраты являются главным критерием оценки возможности получения гелия-3 из природного гелия в промышленных масштабах.

Очевидно, что основную часть удельных затрат в данной технологии составляют затраты на термостатирование фильтра жидкого гелия и конденсатора ректификационной колонны на уровне ниже 2 К. Очевидно также, что эти затраты зависят как от тепловыделений в фильтре и в конденсаторе колонны, так и от выбора средств термостатирования.