

УДК 661.939

*В.Л. Бондаренко\*, Ю.М. Симоненко, Н.П. Лосяков, О.В. Дьяченко*

СП «Айсблик», ул. Пастера, 31, г. Одесса, 65026, Украина;

e-mail: iceblick@te.net.ua

**СИСТЕМЫ КРИОГЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА РЕДКИХ ГАЗОВ ПРИ  $T = 63-78$  К**

*Рассматриваются три способа криостатирования объектов в интервале между нормальной точкой кипения азота и ее тройной точкой. Такие уровни температур используются, в частности, для обеспечения систем предварительной очистки (Ne-He)-N<sub>2</sub>-смеси методом конденсации. При разделении атмосферного воздуха такая смесь образуется в виде побочного продукта нижней колонны и содержит, помимо (Ne-He), от 50 до 90% азота. Транспортировка бедного продукта для его последующей переработки оказывается не всегда рентабельной. В отдельном аппарате (дефлегматоре) можно создать условия фазового равновесия, более благоприятные, чем в ректификационной колонне. За счет снижения температуры до  $T < 70$  К и повышения давления до  $P = 1,0$  МПа концентрация азота в тройной смеси может быть снижена до нескольких процентов. Для отвода теплоты конденсации азота, выделяемого из смеси (Ne-He)-N<sub>2</sub>, рассмотрены следующие способы охлаждения дефлегматора: жидкий азот, кипящий под вакуумом; охладители Стирлинга; безмашинные волновые криогенераторы (ВКГ). Создана опытно-промышленная установка, использующая волновой эффект охлаждения. Представлены результаты испытаний ВКГ. Даны варианты схемных и конструктивных решений дополнительной ступени сепарации азота из исходной смеси на базе безмашинного охладителя потока.*

**Ключевые слова:** неон; гелий; азот; (Ne-He)-N<sub>2</sub>-смесь; очистка смеси от азота; конденсация; дефлегмация; волновой криогенератор.

*V. L. Bondarenko, Yu. M. Simonenko, N. P. Lossiakov, O. V. Diachenko***SYSTEMS OF CRYOGENIC SUPPORT OF THE RARE GASES PRODUCTION PROCESSES AT THE TEMPERATURES OF 63-78 K**

*The consideration of three ways of objects cryostatting at an interval, between a normal boiling point of nitrogen and its triple point, is the significance herein. Such levels of temperatures are used, in particular, for the support of systems of preliminary purification of the (Ne-He)-N<sub>2</sub>-mixture by a condensation method of. At the separation of ambient air such a mixture is a by-product of the bottom column and contains 50-90 % of nitrogen besides (Ne-He). The transportation of a poor product for the subsequent processing does not always appear profitable. In a separate system (reflux condenser) it is possible to create the phase equilibrium conditions that are more favorable than the ones in a rectification column. Due to the decrease of the temperature down to  $T < 70$  K and build-up of pressure up to  $P = 1,0$  MPa, the concentration of nitrogen in a threefold mixture can be reduced down to several percent. In order to remove nitrogen condensation heat evolved from the (Ne-He)-N<sub>2</sub> mixture, the following cooling sources of a reflux condenser have been considered: liquid nitrogen boiling under vacuum; Stirling cryocoolers, and machineless wave cryogenerators (WCG). A pre-production model that utilizes a wave cooling effect has been produced. The results of the WCG tests have been presented. The diagram and design options of additional stage for the nitrogen separation from an initial mixture on the basis of a machineless flow cooler have been provided.*

**Key words:** neon; helium; nitrogen; (Ne-He)-N<sub>2</sub>-mixture; mixture purification from nitrogen; condensation; dephlegmation; wave cryogenerator