

УДК 621.565

В.Л. Бондаренко*Одесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082
e-mail: work-ira@yandex.ru**Н.П. Лосяков**ООО «Айсблик», ул. Пастера, 29, г. Одесса, 65082
e-mail: lnp@te.net.ua

ВОЛНОВЫЕ КРИОГЕНЕРАТОРЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКИХ ГАЗОВ

Изложены термодинамические, газодинамические и конструктивные особенности волновых криогенераторов (ВКГ). Даны основные расчетные параметры ВКГ при работе на чистых веществах и газовых смесях. Приведено описание конструкции аппарата с изменяемой геометрией проточной части. Указаны перспективные области применения безмашинных охладителей в криогенной технике. Рассмотрены схемы установок (воздухоразделительная установка, гелиевый ожижитель), в которых эффективно используются волновые криогенераторы. Представлены результаты исследований ВКГ в составе блока очистки неонгелиевой смеси. Показано, что в модернизированном блоке удается получить более чистую неонгелиевую смесь, в которой примеси азота снижаются с 6 до 3 %. Применение ВКГ в установке ректификационного разделения неонгелиевой смеси позволяет уменьшить в два раза концентрацию неона в отбросном потоке и за счет этого повысить извлечение неона с 93 до 96 %.

Ключевые слова: Волновой криогенератор. Сопло. Резонансная камера. Редкие газы. Воздухоразделительная установка. Предварительное охлаждение. Гелиевый ожижитель. Неонгелиевая смесь. Очистка.

V.L. Bondarenko, N.P. Losyakov

WAVE CRYOGENERATOR IN EXTRACTION TECHNOLOGIES OF EXTRACTION FROM RARE GASES

The thermodynamic, gasdynamic and design features of wave cryogenerators (WCG) are explained. Main computational parameters WCG are given when they work on pure substances and gas mixtures. The description of device construction with changeable geometry of a blading section is given. The perspective fields of unmachine coolers applications in cryogenic technology are indicated. The schemes of installation (air separation plant, helium liquifier), in which are effectively used wave cryogenerators are considered. The outcomes of WCG researches in block of neon-helium mixture purification are presented. It is shown that more clean neon-helium mixture may possible to receive in modernized block in which admixtures of nitrogen falled with 6 up to 3 %. Using WCG in installation of neon-helium mixture rectification separation allows to reduce neon concentration in waste flow in two times and to increase extraction of neon with 93 up to 96 % at the expense of it.

Keywords: Wave cryogenerator. Nozzle. Resonance camera. Rare gases. Air separation unit. Preliminary cooling. Helium liquifier. Neon-Helium mixture. Purification.

1. ВВЕДЕНИЕ

В воздухоразделительных установках традиционно используются процессы охлаждения газа в объёмных или центростремительных расширительных машинах. Последние, называемые турбодетандерами, обладают компактностью и относительно высокой эффективностью при больших расходах рабочего тела. Однако они не лишены недостатков. Машинные генераторы холода отличаются конструктивной сложностью и ограниченной областью применения из-за невозможности создания надежных и эффективных малорасход-

ных агрегатов (см. рис. 1).

По указанной причине, наряду с детандерами, используются также и безмашинные аппараты. Простейшие из них — охладители, реализующие в дросселе адиабатный процесс расширения газа без совершения внешней работы. Дроссельные устройства характеризуются простотой и надежностью, однако по термодинамической эффективности они значительно уступают детандерам. Естественным шагом в развитии расширительных аппаратов явилось появление безмашинных охладителей, которые позволяют, в отличие от дросселя, отводить энергию на более высокий температурный уровень.

© В.Л. Бондаренко, Н.П. Лосяков