

УДК 621.565:621.59

**В.Л. Бондаренко**

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение», Лефортовская набережная, 1, г. Москва, РФ, 105005

*e-mail: nadia@iceblick.com*

**Н.П. Лосяков**

ООО «Айсблик», ул. Пастера, 29, г. Одесса, Украина, 65026

*e-mail: lnp@te.net.ua*

**Ю.М. Симоненко**

Одесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65026

*e-mail: ysim1@yandex.ru*

## ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВЫХ И ПУЛЬСАЦИОННЫХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКИХ ГАЗОВ

*Безмашинные аппараты занимают особое место среди охладителей, использующих энергию сжатого газа. Они уступают детандерам по эффективности, но обладают рядом неоспоримых эксплуатационных и конструктивных преимуществ. Среди них — высокая надёжность, многофункциональность, безынерционность, компактность, простота изготовления. Эти особенности обусловили распространение безмашинных устройств в самых различных сферах: от вакуумной техники и медицины до криогеники. В работе отмечены общие физические признаки вихревых и волновых аппаратов. Рассмотрены схемы установок, в которых используются сепараторы и охладители. Обоснована перспективность использования газодинамических аппаратов в технологиях получения редких газов.*

**Ключевые слова:** Вихревая труба. Волновой криогенератор. Резонансная камера. Центробежный ректификатор. Воздухоразделительная установка. Гелиевый ожигитель. Неонгелиевая смесь.

**V.L. Bondarenko, N.P. Losyakov, Yu.M. Simonenko**

## INDUSTRIAL APPLICATION OF VORTICAL AND PULSATING CHILLERS IN EXTRACTION TECHNOLOGIES OF RARE GASES

*Machine-free devices take the special place among chillers which use energy of compressed gas. They yield to expanders on efficiency, but have combination of conclusive operational and design advantages. Among them — high reliability, multifunctionality, noninertiality, compactness, simplicity of manufacturing. These features have stipulated distribution of machine-free devices in the most different fields: from vacuum engineering and medicine up to cryogenics. The general physical characteristics of vortical and wave devices, the schemes of plants in which separators and chillers using are examined. The advanced of used of gas-dynamic devices in technologies for receipt of rare gases are valid.*

**Keywords:** Vortical tube. Wave cryogenerator. Resonance chamber. Centrifugal rectifier. Air separation plant. Helium liquifier. Neon-helium mixture.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В газодинамических аппаратах энергия сжатого газа трансформируется в тепловую, отводимую во внешнюю среду частично через стенки аппарата или в виде истекающего газа. При этом происходит понижение температуры основного потока на выходе из устройства.

Первые образцы подобных охладителей появились относительно недавно. Вслед за работами Ж.

Ранка и Р. Хилша [1,2] закономерности вихревого эффекта были изучены и отражены в трудах М.Г. Дубинского, В.С. Мартыновского и В.М. Бродянского [3-5].

Наряду с развитием вихревой техники, создавались и другие системы безмашинного охлаждения. Так, в 50-ых годах из работ Г. Шпренгера и его последователей стало известно о другом типе газодинамического охладителя — резонансной трубке [6].

Исследования природы энергоразделения в пуль-