

УДК 621.59:04-182.1

<sup>1</sup>Р.А. Архипов; <sup>2</sup>А.М. Домашенко, канд. техн. наук; <sup>3</sup>С.А. Котусов; <sup>4</sup>Ю.В. Красовицкий;<sup>5</sup>Ю.В. Ластовский

ПАО «Криогенмаш», пр. Ленина, 67, г. Балашиха, Московская область, РФ, 143907

e-mail: root@cryogenmash.ru

ORCID: <sup>1</sup><http://orcid.org/0000-0002-8949-8671>; <sup>2</sup><http://orcid.org/0000-0002-5755-3517>;<sup>3</sup><http://orcid.org/0000-0001-9577-1868>; <sup>4</sup><http://orcid.org/0000-0003-4894-4476>;

## СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ, ВЫДАЧИ ПОТРЕБИТЕЛЯМ ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА, СОЗДАВАЕМЫЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ON-SITE-ПРОЕКТОВ

*Отмечается актуальность разработки систем накопления, хранения, выдачи потребителям продуктов разделения воздуха, в том числе для производств, реализующих on-site-проекты. Создаваемые Криогенмашем криогенные системы этого назначения эффективно и надёжно обеспечивают потребителей продуктами разделения воздуха. Рассмотрена одна из крупных систем, сооружённых Криогенмашем. Обоснованы выбор криогенного оборудования и способы выдачи продуктов. Описана система газификации, построенная на эффективном пароводяном испарителе. Компания готова поставлять на отечественный и зарубежный рынки криогенного оборудования системы хранения и выдачи криогенных продуктов с широким диапазоном характеристик.*

**Ключевые слова:** Криогенные жидкие продукты. Азот. Кислород. Аргон. Насосная система. Вытеснительная система. Стационарные резервуары. Транспортные цистерны.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В последнее время ряд компаний уделяет внимание совершенствованию оборудования для получения, хранения и транспортировки продуктов разделения воздуха. Основой инфраструктуры обеспечения потребителей криогенными продуктами являются воздухоразделительные установки (ВРУ).

Единичная производительность воздухоразделительных установок достигла 500000 м<sup>3</sup>/ч по перерабатываемому воздуху (П.В.). При этом ежегодный прирост в мире продуктов разделения воздуха составляет не менее 10 % [1, 2]. Замечен также рост производства инертных и редких газов и повышение их чистоты.

Выполненные ПАО «Криогенмаш» НИОКР позволили внести в схемы и конструкции ВРУ принципиально новые эффективные решения:

- применение более совершенных компрессоров с  $\eta_{из} = 75\%$  и турбодетандер-компрессорных агрегатов с  $\eta_{ал} = 87-89\%$ ;

- использование скрубберов оросительного типа; блоков комплексной очистки воздуха в адсорберах с укороченным циклом; крупногабаритных пластинчатых теплообменников;

- организация очистки аргона методом низкотемпературной ректификации;

- внедрение регулярных насадок в ректификационные колонны;

- комплектация ВРУ автоматизированными сис-

темами контроля и управления на базе современных микропроцессоров.

Это позволило выпускать эффективные ВРУ в диапазоне производительностей по П.В. от 3600 до 360000 м<sup>3</sup>/ч, соответственно; по кислороду — от 500 до 70000 м<sup>3</sup>/ч, азоту — от 500 до 200000 м<sup>3</sup>/ч, по аргону — от 10 до 2500 м<sup>3</sup>/ч. Важно также отметить, что достигнут удельный расход электроэнергии, отнесенный к производительности ВРУ по кислороду, от 0,4 до 0,35 кВтч/м<sup>3</sup> в зависимости от масштабности ВРУ и технического совершенства воздушного компрессора.

Следующий класс оборудования криогенной инфраструктуры включает в себя транспортные цистерны и стационарные системы хранения на производствах продуктов разделения воздуха, у потребителей, а также в регионах, предназначенных для накопления, хранения и выдачи потребителям продуктов разделения воздуха (ПРВ) как в жидком, так и газообразном состояниях.

В настоящей статье рассмотрим особенности используемых с этой целью перечисленных систем.

### 2. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ВЫДАЧИ ПОТРЕБИТЕЛЯМ ПРВ

Системы хранения создаются прежде всего там, где производятся или потребляются значительные