

УДК 621.593

<sup>1</sup>В.Л. Бондаренко, доктор техн. наук, <sup>2</sup>А.Н. Кислый, <sup>3</sup>О.В. Дьяченко, канд. техн. наук, <sup>4</sup>С.В. Полянский<sup>1</sup>Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Лефортовская наб., д. 1, факультет «Энергомашиностроение», г. Москва, РФ, 105005<sup>2,3</sup>ООО «Айсблик», Пастера, 29, г. Одесса, Украина, 65026<sup>4</sup>ООО «Промтехгаз», Ленина, 35, корп. А, г. Гайсин, Винницкая обл., Украина, 23700e-mail: <sup>1</sup>nadia@iceblick.com; <sup>2</sup>ank@iceblick.com; <sup>3</sup>diachenko-ov@yandex.ru; <sup>4</sup>polianskis59@mail.ruORCID: <sup>1</sup>http://orcid.org/0000-0003-1562-7255; <sup>2</sup>http://orcid.org/0000-0001-5422-9511;<sup>3</sup>http://orcid.org/0000-0001-5999-3965; <sup>4</sup>http://orcid.org/0000-0003-1706-2382

## ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖИДКИХ КРИОПРОДУКТОВ

*Проведен анализ работы участка получения газовых смесей на основе инертных газов. Показано влияние различных факторов на экономичность потребления жидких криогенных продуктов на примере аргона. Рассчитаны потери сжиженного газа при его транспортировке и хранении, изучена зависимость относительных потерь от объема получаемых газовых продуктов. Предложено несколько вариантов организации системы утилизации паров, определена экономическая целесообразность их внедрения.*

**Ключевые слова:** Аргон. Сварочные смеси. Жидкий криогенный продукт. Потери сжиженного газа. Удельные затраты.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Развитие науки и техники неразрывно связано с получением чистых газов и смесей на их основе [1]. Объемы производства газовых продуктов постоянно увеличиваются.

Для обеспечения устойчивой работы производителя газовых смесей на территории предприятия должны находиться достаточные количества технических газов. Их можно сохранять в виде сжатого газа в баллонах различного объема либо жидкости в криогенных емкостях. Например, при хранении аргона в жидком виде его объем удастся уменьшить в 800 раз по сравнению с нормальными условиями [2] и в три раза — с баллонным вариантом [3]. Однако при этом неизбежны потери криогенной жидкости за счёт теплопритоков из окружающей среды. Эти потери особенно значительны при длительном хранении и перевозках жидкого криопродукта на большие расстояния.

Настоящая работа посвящена анализу работы производственного участка приготовления газовых смесей, один из компонентов которых находится в виде криогенной жидкости. Цель исследования — выявление реальных потерь жидких криогенных продуктов и рассмотрение способов их сокращения.

### 2. ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АРГОНА И СМЕСЕЙ НА ЕГО ОСНОВЕ

Фирма ООО «Айсблик» (Одесса) — ведущий производитель инертных и технических газов высокого качества. В перечне продукции, выпускаемой фирмой, есть различные смеси на основе редких и техни-

ческих газов (в том числе — Ar) [1].

Аргон является одним из важнейших промышленных газов после кислорода и азота. По сравнению с другими редкими газами объемное содержание аргона в воздухе наиболее значительно и составляет 0,93 % [2].

Аргон — инертный газ, не взрывоопасный и не токсичный. При высокой концентрации в воздухе может представлять опасность для жизни вследствие снижения содержания кислорода. Под действием электрического тока Ar ярко светится, довольно хорошо адсорбируется поверхностями твердых тел и растворяется в воде. Ещё лучше он растворяется во многих органических жидкостях, благоприятствует росту растений и, напротив, практически не растворим в металлах и не диффундирует сквозь них. Чаще всего Ar используют для создания защитной среды в различных технологических процессах.

Первоначально главным потребителем аргона была электровакуумная техника [1-4]. И в настоящее время подавляющее большинство ламп накаливания (а это миллиарды штук, производимых в год) заполняют смесью Ar (86 %) и N<sub>2</sub> (14 %). Переход с чистого азота на эту смесь повысил светоотдачу ламп: в современных люминесцентных лампах его используют для облегчения зажигания, лучшей передачи тока и предохранения катодов от разрушения. В пищевой промышленности аргон зарегистрирован в перечне пищевых добавок под номером E938, а также находит применение в качестве пропеллента (в аэрозольных баллонах) и упаковочного газа [1, 2-4]. В медицине Ar используют во время операций для очистки воздуха и разрезов.

Аргон выполняет защитные функции при выращи-