

<sup>1)</sup>В. Л. Бондаренко, доктор техн. наук, <sup>2)</sup>Ю. М. Симоненко, доктор техн. наук, <sup>2)</sup>Е. Г. Корж, аспирантка, <sup>3)</sup>М. Ю. Меркулов, <sup>3)</sup>О. В. Дьяченко, канд. техн. наук

<sup>1)</sup>Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Лефортовская наб., д. 1, факультет «Энергомашиностроение», г. Москва, РФ, 105005

<sup>2)</sup>Одесская национальная академия пищевых технологий, учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

<sup>3)</sup>ООО «Айсблик», Пастера, 29, г. Одесса, Украина, 65026

e-mail: <sup>1)</sup>nadia@iceblick.com; <sup>2)</sup>ysim1@yandex.ru, liza1315@mail.ru; <sup>3)</sup>diachenko-ov@yandex.ru

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАСХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРЛИФТНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО АЗОТА

*Для вторичного обогащения смеси Kr и Xe необходимо увеличивать ее давление для преодоления гидравлических сопротивлений аппаратов. Для этой цели можно использовать криогенный безмашинный нагнетатель, основанный на применении эффекта парлифта. Проведён анализ существующих установок для экспериментальных исследований парлифта (газлифта). Создана собственная экспериментальная установка, которая позволяет исследовать эксплуатационные характеристики парлифтного устройства на температурном уровне 77,4...80 К. Рабочее тело устройства — жидкий азот. Определены теплопритоки, изучено их влияние на работу безмашинного нагнетателя. Из экспериментальных данных получены расходные характеристики парлифтной установки для напорных труб с внутренними диаметрами 8-16 мм, обобщены результаты исследований. Установленные зависимости позволяют рассчитывать парлифтные устройства с учётом задаваемых исходных данных, а также проводить их оптимизацию.*

**Ключевые слова:** Криптоноксеновая смесь. Парлифт. Напор. Расход. Безмашинный нагнетатель. Жидкий азот.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Начало XXI-го столетия ознаменовалось повышением стоимости энергоносителей. В связи с этим энергосбережение становится актуальной проблемой человечества.

Появляется множество работ, посвященных проблемам энергосбережения в различных технологических процессах. Разрабатываются новые энергосберегающие технологии, исследуются направления снижения потребления энергии в уже существующих процессах, в том числе, в технике низких температур.

Получение инертных газов (гелия, неона, криптона и ксенона), как правило, осуществляется в несколько этапов в зависимости от типа источника сырья (фракции безопасности ВРУ, отдувочные газовые потоки химических производств и т. п.) и содержания в нём примесей. Этими этапами, согласно [1–3], являются:

- первичное концентрирование ценных компонентов;
- вторичное обогащение концентратов;
- разделение полученных смесей, например, Ne-He или Kr-Xe, для извлечения из них чистых продуктов.

Указанные процессы обеспечиваются установками тепло- и хладоснабжения, которые нуждаются в энергии (как правило, электроэнергии). При этом

вследствие низкого содержания целевых компонентов этапы обогащения концентратов являются наиболее затратными.

В технологии первичного обогащения тяжелых инертных газов часть расходов на извлечение криптоноксеновой смеси ложится на производство основного продукта разделения воздуха, например, кислорода. В результате удается содержание Kr и Xe в получаемой смеси довести до 0,2...0,3 %. Наиболее затратным является этап вторичного обогащения. Основные проблемы при его реализации — это предотвращение взрывоопасности [4], связанной с наличием углеводородов в смеси с таким сильным окислителем, как кислород, и низкое давление потока, недостаточное для «проталкивания» смеси через последовательно расположенные аппараты системы обогащения. Как показывает опыт, наименее затратными способами увеличения давления являются безмашинные методы (например, за счет включения в состав установки поточного конденсатора, парлифтного нагнетателя или их комбинации) [3]. Однако широкое использование безмашинных устройств часто сдерживается отсутствием рекомендаций для выбора геометрических размеров, которые зависят от параметров рабочей среды и расходных характеристик потока.

Предметом настоящего исследования является криогенный безмашинный нагнетатель, предназна-