

УДК 621.565

¹**В.Л. Бондаренко**, доктор техн. наук; ²**А.Н. Кислый**; ³**О.В. Дьяченко**, канд. техн. наук; ⁴**Т.В. Дьяченко**, канд. техн. наук

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

^{2,3}ООО «Криоин Инжиниринг», Таможенная пл., 1А, г. Одесса, Украина, 65026

⁴Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

e-mail: ¹vbondarenko@raregases.org; ²aleksandr.ank.32@gmail.com; ³diachenko-ov@yandex.ru; ⁴victory04@yandex.ru

ORCID: ¹<http://orcid.org/0000-0003-1562-7255>; ²<http://orcid.org/0000-0001-5422-9511>;

³<http://orcid.org/0000-0001-5999-3965>; ⁴<http://orcid.org/0000-0001-9275-187X>

ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЁТА КОЛИЧЕСТВА СЖАТОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ МАНОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА

Инертные газы Ne, Kr и Xe в промышленных масштабах извлекают из газовых смесей, являющихся побочными продуктами сепарации воздуха. Для планирования производства, а также взаиморасчетов с поставщиками и покупателями очень важно правильно определять количество указанных газов на всех этапах технологической последовательности их получения. В работе представлены гравиметрический и манометрический способы оценки объемов сжатых газов. Приведена сравнительная оценка методик, предлагаемых для расчёта количества ценных компонентов в сжатых газовых смесях на основе манометрического метода. Разработан универсальный способ, позволяющий с достаточной степенью точности определять количество инертных компонентов в газовых смесях. Достоверность расчетной методики была проверена путем сравнения вычисленных объемов инертных газов с результатами реализации гравиметрического метода.

Ключевые слова: Инертные газы. Газовые смеси. Весовой и манометрический методы определения количества сжатого газа.

1. ВВЕДЕНИЕ

Инертные газы, — неон, криптон, ксенон, а также гелий, — являются ценными высоколиквидными продуктами. Промышленными источниками гелия служат некоторые месторождения природного газа, содержащего гелий [1, 2]. Неон, криптон и ксенон получают из атмосферного воздуха [1–3]. Дополнительными источниками инертных газов могут служить различные смеси техногенного происхождения, например, продувочные потоки аммиачного производства [4–6] или газовые отходы других технологий, использующих воздух.

Поскольку содержание инертных газов в исходных смесях незначительно, их концентраты рассматриваются только в качестве побочных продуктов других технологий. Например, при получении продуктов разделения воздуха использование блоков обогащения первичных концентратов (Ne-Ne и Kr-Xe) рентабельно в установках с расходом воздуха, превышающим 100 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$ [1, 3].

В процессе нескольких этапов обогащения и разделения исходных смесей, а также очистки инертных газов газовое сырье обогащается в сотни раз. При этом первостепенной становится задача правильной оценки количества ценных продуктов на различных

этапах технологической последовательности их получения. В случае решения этой задачи производители инертных газов получают возможность однозначно оценить объёмы реальных потерь и себестоимость получения газов высокой чистоты. Это приведёт к тому, что согласованная между поставщиками, производителями и потребителями позиция по оценке количества газовой продукции явится залогом отсутствия взаимных претензий.

2. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ЕМКОСТЕЙ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ СЖАТЫХ ГАЗОВ

2.1. Баллоны для промышленных газов

Для поставки технических газов и газовых концентратов используется специализированное оборудование. При относительно небольших объёмах производства инертных газов для хранения и транспортировки их в сжатом состоянии целесообразно применять баллоны (рис. 1, а) или связки баллонов (рис. 2), например, моноблоки.

Баллоны окрашиваются в соответствии с требованиями ГОСТ 26460-85 [7]; их объём определяется потребностями потребителя. Баллоны могут быть изготовлены из углеродистой или легированной стали [7–10]. Максимальное давление наполнения для ме-