

УДК 621.59:536.24

**Г.Г. Жунь**, доктор техн. наук

Национальный технический университет (Харьковский политехнический институт), ул. Багалея, 21, г. Харьков, Украина, 61002

e-mail: zhuchishe2010@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3765-983X>

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОВОГО КОНДЕНСАЦИОННО-АДСОРБЦИОННОГО ВАКУУМНОГО МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

*Рассмотрены особенности теплообменных процессов в разработанном новом многослойном конденсационно-адсорбционном вакуумном насосе-сепараторе на примере откачки модельной газовой смеси, состоящей из  $N_2$ , Ar,  $CH_4$  и  $CO_2$ , при азотной температуре. Установлено происходящее разделение откачиваемой газовой смеси в толще рабочих элементов вакуумного насоса за счёт механизмов адсорбции (конденсации). Исследована возможность в процессе десорбции из вакуумного насоса выделения части газов в чистом виде, а также в виде бинарных смесей. Разработаны способы совершенствования разделительного процесса для откачиваемого газа на рабочих элементах вакуумного насоса путём увеличения их адсорбционных характеристик, что позволяет получать при десорбции до (65–70) % каждого компонента из газовой смеси в чистом виде. Подобные многослойные криовакуумные насосы в литературе не описаны.*

**Ключевые слова:** Криогенная техника. Вакуумный насос. Рабочие элементы теплоизоляции. Газовые смеси. Адсорбция. Десорбция. Конденсация.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Ранее впервые на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований на низкокачественных криососудах были установлены особенности и закономерности происходящих 3-х мерных сопряжённых процессов теплопереноса в их теплозащитных конструкциях из слоёв экранно-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ) [1]. Полученные результаты позволили выяснить причины низкой эффективности данных криососудов и разработать конструкции и технологии для их серийного изготовления с теплозащитой из слоёв ЭВТИ с наименьшей теплопроводностью.

Кроме того, эти результаты послужили основой для разработки на базе межстенной полости криососуда ёмкостью 0,035 м<sup>3</sup> и предложенной многослойной (до 100 слоёв) неизотермической системы принципиально нового конденсационно-адсорбционного вакуумного насоса-сепаратора [2]. Рабочими элементами в таком устройстве являются смонтированные слои перфорированных экранов из алюминиевой фольги или металлизированной плёнки ПЭТФ-ДА толщиной (5...12) мкм и прокладочных материалов (бумаг) между ними толщиной 40 мкм, обладающих высоким термическим сопротивлением и адсорбционными свойствами. В данном устройстве на всей наружной холодной поверхности внутреннего сосуда для жидкого криоагента также используется слой адсорбционного материала толщиной 5 мм общей массой 2,8 кг.

После заполнения вакуумного насоса жидким

криоагентом ( $H_2$ , He или  $N_2$ ) в толще его рабочих слоёв формируется перепад температуры от криогенной (возле внутреннего сосуда) до комнатной (у наружной стенки с откачным штуцером). При этом, между двумя соседними слоями по всей их толщине устанавливается очень малый перепад температуры, составляющий всего (2,2...2,9) К.

Проведены исследования с целью улучшения характеристик разработанного вакуумного насоса. Полученные результаты излагаются в настоящей статье.

### 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предварительные исследования были проведены на вакуумном насосе с 60-ю рабочими слоями из перфорированной Al-фольги толщиной 10 мкм и прокладочной бумаги типа НТ-10 (состоящей из 70 % базальтовых и 30 % целлюлозных нитей). Использовали модельную газовую смесь со следующим мольным составом: 75,3 %  $N_2$ , 9,8 % Ar, 8,4 %  $CH_4$ , 6,5 %  $CO_2$ . Эксперименты проводились на специально созданном стенде с калиброванной вакуумной камерой для приготовления газовых смесей объёмом 0,092 м<sup>3</sup> [2]. Они показали высокую откачную способность вакуумного насоса.

Для выявления особенностей происходящих теплообменных процессов в структуре рабочих слоёв вакуумного насоса после откачки газовой смеси было исследовано изменение состава десорбированного из него газа. С этой целью после удаления жид-