

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КОМПОНЕНТОВ СМЕСИ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ КОНВЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ СМЕШЕНИЯ ПРИ ДИФФУЗИИ В ТРОЙНЫХ ГАЗОВЫХ СИСТЕМАХ

© 2017 г. В. Н. Косов<sup>a,\*</sup>, Д. У. Кульжанов<sup>b</sup>, Ю. И. Жаврин<sup>c</sup>, О. В. Федоренко<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

<sup>b</sup> Атырауский институт нефти и газа, Атырау, Казахстан

<sup>c</sup> Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики  
Казахского национального университета им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

\* e-mail: kosov\_vlad\_nik@list.ru

Поступила в редакцию 11.05.2016 г.

Экспериментально исследованы особенности диффузионного переноса в изотермических тройных газовых смесях в зависимости от концентрации самого тяжелого по плотности компонента. Установлено, что при определенном составе в исследуемой смеси возникают особые диффузионные режимы, связанные с существенно большей скоростью смешения компонентов, вызванной концентрированной конвекцией. Показано, что параметры перехода от диффузионного к конвективному типу смешения могут быть определены в рамках теории устойчивости, распространенной на случай изотермических тройных систем. Проведено сравнение численных результатов с опытными данными.

**Ключевые слова:** диффузия, концентрация, давление, конвекция, теория устойчивости

**DOI:** 10.7868/S0044453717060152

Описание диффузионного смешения в газовых системах при различных технологических стадиях связано с изучением кинетики массопереноса [1]. Диффузия в многокомпонентных смесях описывается уравнениями Стефана–Максвелла [1] и в сравнении с бинарными системами имеет ряд особенностей [2–5], которые заключаются в: отсутствии переноса компонента при отличном от нуля его градиента концентрации; переносе компонента при нулевом значении его градиента; реверсивной (обратной) диффузии. Другое проявление особых режимов многокомпонентной диффузии – возникновение конвекции, приводящей к синергетическому эффекту, связанному со значительным увеличением скорости смешения компонентов системы [6]. Эксперименты и численные исследования диффузии паров бинарных растворов в инертный газ [6, 7], показали возможность возникновения в таких системах конвективной неустойчивости с последующим образованием структурированных течений. Вместе с тем описываемые в [6, 7] эффекты будут зависеть и от состава смесей, давления, влияния которых на интенсивность смешения не рассматривалось в [6, 7].

В данной работе опытным путем изучается изотермическая диффузия бинарной смеси гелия и аргона в азот при различных давлениях и кон-

центрациях самого тяжелого по плотности компонента. Проводится сравнение экспериментальных результатов с вычисленными в рамках конвективной теории устойчивости.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Диффузионное и конвективное смешение изучено двухколбовым методом [8]. Конструктивные особенности опытной установки и измерительной ячейки данного метода приведены в работе [9]. Поэтому в данном случае ограничимся схематическим описанием экспериментального стенда и методики работы на нем.

Схема установки приведена на рис. 1 и включает в себя две части. Первая – определяет доставку газов из баллонов *A* и *B* в измерительную ячейку, через набор игольчатых вентилях (кранов) *1–10*, манометров *12* с мембранными разделителями *11* и буферной емкости *13* для выравнивания давления. Вторая часть установки – измерительная ячейка с равными объемами колб:  $V_1 = V_2 = (76.2 \pm 0.5) \times 10^{-6} \text{ м}^3$ , которые соединялись вертикальным цилиндрическим каналом длиной  $L = (70.00 \pm 0.05) \times 10^{-3} \text{ м}$  и диаметром  $d = (4.00 \pm 0.02) \times 10^{-3} \text{ м}$ . Эксперименты проводились по методике, предложенной в работе [9]. Верхняя *16* и нижняя *14* колбы аппарата заполнялись газами