

УДК 533.15:536.25

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО МНОГОКОМПОНЕНТНОГО МАССОПЕРЕНОСА ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ГАЗОВОЙ СМЕСИ

Ю. И. Жаврин, В. Н. Косов, О. В. Федоренко, А. А. Акжолова*

*Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики
при Казахском национальном университете им. аль-Фараби, Алматы*

**Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы*

kosov_vlad_nik@list.ru

Поступила в редакцию 02.03.2015 г.

Экспериментально изучена изотермическая многокомпонентная диффузия в трехкомпонентных газовых смесях $H_2 + Ar-N_2$ и $CH_4 + Ar-N_2$ при различных давлениях и определенных концентрациях компонентов в бинарных смесях. Показано, что в системах, где коэффициенты диффузии существенно отличаются друг от друга, с повышением давления возникает конвективная неустойчивость, которая существенно интенсифицирует многокомпонентный массоперенос. Параметры перехода диффузионного смешения в конвективное могут быть определены в рамках теории устойчивости. Проведенное сравнение между опытными и расчетными данными показывает удовлетворительное согласие между ними.

Ключевые слова: изотермическая многокомпонентная диффузия, конвективная неустойчивость, теория устойчивости, многокомпонентный массоперенос.

DOI: 10.7868/S00040357116020135

ВВЕДЕНИЕ

Исследования процессов разделения и очистки газовых систем традиционно связаны с описанием кинетики массопереноса [1, 2]. Как правило, основные сложности при исследовании многокомпонентных смесей возникают из-за отсутствия надежных расчетных моделей массопереноса [3] и недостаточности опытных данных. Поэтому изучение проблем многокомпонентного массопереноса, как в экспериментальном, так и расчетно-теоретическом плане продолжает интенсивно развиваться [3–5]. При изучении диффузии паров жидких бинарных растворов в принимающий газ было установлено, что в таких системах возможно возникновение конвективной неустойчивости, которая значительно интенсифицирует суммарный массоперенос при испарении [6–8]. Наблюдаемый конвективный механизм аналогичен задаче Рэлея–Бенара для неоднородного температурного поля и другим проявлениям неустойчивости, где необходимо осуществлять учет зависимости свойств среды от состава, температуры и перекрестных эффектов [9, 10]. Поэтому авторы [6–8] для определения характерных условий, определяющих возникновение конвективных течений при диффузии, использовали формализм теории устойчивости [9, 11]. Вместе с тем необходимо отметить, что если принимающий газ

представляет собой многокомпонентную смесь, то в такой системе, по-видимому, также возможен переход к конвективному режиму смешения, который будет определяться не только исходным составом смеси, но и другими параметрами, не рассмотренными в [6–8].

В данной работе опытным путем изучается изотермическая диффузия в квазистационарном режиме при различных давлениях для трехкомпонентных газовых систем. Исследуемые смеси анализируются на устойчивость механического равновесия в плоском вертикальном канале с массонепроницаемыми стенками.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Для исследования диффузионного и конвективного переноса использовался метод двух колб [12, 13], в котором анализ газовых смесей после смешения проводился хроматографическим методом. Опыты проводились в диапазоне давлений от 0.5 до 3.0 МПа, при температуре 295.0 К. Нижний предел давления соответствовал условию взятия нескольких проб для анализа, а верхний – техническим особенностям экспериментальных устройств. Схема установки приведена на рис. 1 и включает в себя две части. Первая *a* – это блок подготовки газов, который состоит из манометров *12*, измеряющих давление в колбах,