

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

СЕМИНАР ВУЗОВ
ПО ТЕПЛОФИЗИКЕ
И ЭНЕРГЕТИКЕ

Материалы
Всероссийской научной конференции
с международным участием

21–23 октября 2019 года

Санкт-Петербург



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург

2019

УДК (532/536+620.9)(063)

ББК 31.3

С30

Семинар вузов по теплофизике и энергетике : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, 21–23 октября 2019 г., Санкт-Петербург. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 447 с.

Сборник составлен из расширенных тезисов докладов, включенных в программу Всероссийской научной конференции с международным участием «XI семинар вузов по теплофизике и энергетике». Представленные материалы подготовлены научно-педагогическими работниками, студентами, учеными и специалистами из различных университетов и профильных научно-исследовательских организаций. Они охватывают широкий круг фундаментальных и прикладных проблем в области тепломассообмена и физической гидродинамики, горения натуральных топлив, энергоэффективности и энергосбережения, совершенствования энергетического оборудования ТЭС и АЭС, проблем управления энергетическими объектами. Рассматриваются также вопросы развития и приложения методов математического моделирования для решения разнообразных задач теплофизики и энергетики, в том числе с применением современных технологий вычислительной гидродинамики.

Ответственный за выпуск – доктор физико-математических наук
Е. М. Смирнов.

The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

PETER THE GREAT
SAINT-PETERSBURG POLYTECHNIC UNIVERSITY

THERMOPHYSICS
AND POWER ENGINEERING
IN ACADEMIC CENTERS,
TPEAC-2019

Proceedings
of the All-Russian Scientific Conference
with International Participation

October 21–23, 2019

Saint-Petersburg

Thermophysics and Power Engineering in Academic Centers, TPEAC-2019 : proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation, October 21–23, 2019, Saint-Petersburg. – SPb. : POLYTECH-PRESS, 2019. – 447 p.

The conference proceedings volume is a collection of extended abstracts of the contributions included in the program of the All-Russian Scientific Conference with International Participation “Thermophysics and Power Engineering in Academic Centers”, TPEAC-2019. The contributions have been prepared by professors, researchers, students and engineers from various universities and profile research institutions. They cover a wide range of fundamental and applied problems in the areas of heat and mass transfer, physical fluid dynamics, combustion of natural fuels, energy-efficiency and energy-saving, improvement of power equipment of thermal and nuclear power plants, control of power objects. A considerable part of the collection covers actual questions of development and application of mathematical modeling methods for solving various problems of thermophysics and power engineering, including applications based on the up-to-date computational fluid dynamics technologies.

Edited by *E. M. Smirnov*.

**ОСОБЫЕ РЕЖИМЫ ДИФFUЗИОННОГО МАССОПЕРЕНОСА В
ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ТРОЙНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ**

Исследуя особенности перехода от диффузионного состояния к конвективному было установлено, что смена режимов проявляется в системах, где имеет место существенное различие в коэффициентах переноса [1]. Для изотермических тройных газовых смесей с малым содержанием компонента с наибольшим молекулярным весом было получено решение системы уравнений диффузии, которое показало возможность нелинейных изоконцентрационных распределений в вертикальных каналах [1]. В данной работе, распространяя подход [1] на случай произвольного состава смеси, численным образом получено решение квазистационарной системы уравнений трехкомпонентной диффузии для системы двух колб, соединенных вертикальным капилляром (рис. 1а).

Одномерная изотермическая трехкомпонентная диффузия описывается системой уравнений [1]:

$$\sum_{i=1}^3 c_i = 1; \quad n \sum_{i=1}^3 c_i u_i = 0, \quad \text{div}(nc_i u_i) = 0, \quad i = 1, 2;$$

$$\sum_{j=1}^3 \frac{c_j \cdot c_i}{D_{ij}} (u_j - u_i) = -\text{grad}(c_i), \quad i = 1, 2; \quad j = 1, 2, 3, \quad (1)$$

где n – числовая плотность, u_i – средняя скорость молекул i -го компонента; D_{ij} – коэффициенты взаимной диффузии, c_i – концентрация i -го компонента.

Решение диффузионных уравнений (1) с учетом граничных условий имеет вид:

$$c_1(z) = -B \cdot \left[j_1 \cdot \left(X_3 \cdot z - X_1 + \frac{A}{B} \right) - X_2 \cdot K_1 \cdot \exp\left(\frac{z}{B}\right) \right],$$

$$c_3(z) = -B \cdot \left[j_3 \cdot \left(X_3 \cdot z - X_1 - \frac{A}{B} \right) + X_2 \cdot K_3 \cdot \exp\left(\frac{z}{B}\right) \right], \quad (2)$$

$$c_2(z) = 1 - c_1(z) - c_3(z),$$

где K_i , X_i , A , B , j_i – вычисляемые константы. Соотношения (2) позволяют найти распределение плотности смеси ρ , а также ее градиент.

* В.Н. Косов, kosov_vlad_nik@list.ru

Как показали приведенные в [2] опыты, в системе $H_2 + N_2 - CH_4$ возникают конвективные течения, связанные с неустойчивостью механического равновесия смеси. Распределения концентраций, приведенные на рис. 1б, показывают нелинейное распределение концентрации компонента с наибольшим молекулярным весом. Распределение плотности смеси имеет явно немонотонный характер (рис. 1в). Причем существуют локальные области по координате, при которых градиент плотности меняет знак. По-видимому, этим фактом объясняется возможность проявления в таких системах конвективной неустойчивости и гравитационной конвекции.

Часть представленных результатов получена в рамках проекта № AP05130986 Комитета науки Министерства образования и науки РК.

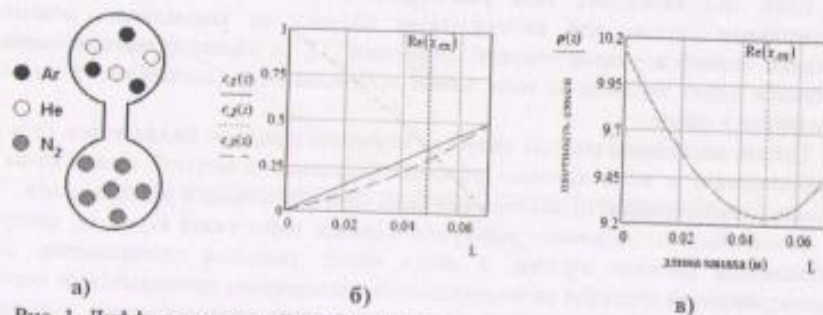


Рис. 1. Диффузионная ячейка и распределения концентраций компонентов и плотности смеси $0,5 H_2 + 0,5 N_2 - CH_4$ при $p = 1,5$ МПа, $T = 298,0$ К, $L = 70,05 \cdot 10^{-3}$ м, $r = 3 \cdot 10^{-3}$ м. а) схема экспериментального устройства, б) концентрационные профили, в) распределение плотности смеси

ЛИТЕРАТУРА

1. Косов В.Н., Селезнев В.Д. Аномальное возникновение свободной гравитационной конвекции в изотермических тройных газовых смесях. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 149 с.
2. Косов В.Н., Кульжанов Д.У., Жаврин Ю.И., Федоренко О.В. Влияние концентрации компонентов смеси на возникновение конвективных режимов смешения при диффузии в тройных газовых смесях // Журнал физической химии, 2017. Т. 91. № 6. С. 931.

V.N. Kossov¹, O.V. Fedorenko², V. Mukamedenkyzy², A. Kalimov¹
¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazakhstan,
²Institute of Experimental and Theoretical Physics
at Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

SPECIAL MODES OF DIFFUSION MASS TRANSFER IN ISOTHERMAL TERNARY GAS MIXTURES