

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ РАН ПО ТЕПЛОМАССООБМЕНУ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ СО РАН ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ
ИНСТИТУТ ТЕПЛОВОЙ И АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НИУ «МЭИ»



МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОФИЗИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

9 - 11 октября 2017 г.

ТОМ 1



Москва
Издательский дом МЭИ
2017

K. Yu. Litvintsev, A. A. Fennikov, E. B. Harlamov

Krasnoyarsk Division of Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS, Russia

FEATURES OF A MATHEMATICAL MODEL OF HEAT TRANSFER IN A VACUUM RESISTANCE FURNACE

The paper presents a mathematical model of heat transfer developed for the purposes of modeling the operation process in large-scale vacuum furnaces. The object of research is the vacuum resistance carbon furnace having 14.7m^3 of the workspace. The technological process is performed inside the double walls retort. The typical time of the furnace cycle is two days and the maximum temperature is 1800°C . The vacuum pump allows maintaining the pressure inside the furnace at a level of $1,0\text{ kPa}$. The dominant mechanism of heat transfer in the furnace is radiation. Numerical research of heat transfer is carried out for the purpose of maintenance of thermal regime inside the retort according the technical requirements. The main problems associated with the numerical simulation of heat transfer in the furnace, arise from the presence of elements with significantly differing scales (thickness of the heated parts can be several millimeters), the complex geometry, the duration of nonstationary process, the unconnected gas areas (with different characteristic quantities velocity) and the conjugate heat transfer. It leads to complexity of mesh generation and increased requirements for computing resources. Gas dynamic processes have little influence on the heat transfer, but may be important for the transport of the components of the gaseous medium.

On the first stage, a complete mathematical model of gas dynamics and heat and mass transfer has been developed and computational studies have been performed. Next, basing on analysis of the calculation results, adaptation of mathematical model and calculation algorithm has been carried out.

*В.Н. Косов¹, С.А. Красиков², О.В. Федоренко², Д.Б. Жакебаев³,
М.К. Асембаева²*

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

²Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики при КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
kosov_vlad_nil@list.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ

Анализ экспериментальных исследований, посвященных изучению особенностей конвективного смешения, вызываемого неустойчивостью механи-

ческого равновесия, свидетельствуют о том, что развитые конвективные течения характеризуются особенностями, которые не наблюдаются на границе перехода от устойчивого режима к неустойчивому. Одной из таких особенностей является аномальное концентрационное разделение смеси, которое проявляется в процессе взаимодействия восходящих и нисходящих потоков в вертикальных каналах. За счет различия в коэффициентах диффузии приводит к перераспределению концентрационных полей в поперечном сечении. Возникает синергетический эффект, приводящий к увеличению интенсивности массопереноса, как правило, самого тяжелого по плотности компонента смеси.

Экспериментальные исследования проводились двухколбовым методом для трехкомпонентных газовых смесей $0,6179 \text{ H}_2 + 0,3821 \text{ N}_2 - \text{CH}_4$ ($p = 2,54 \text{ МПа}$, $T = 353,0 \text{ К}$ и $t = 1 \text{ час}$), $0,7760 \text{ CH}_4 + 0,2240 \text{ R12} - \text{n-C}_4\text{H}_{10}$ ($p = 0,22 \text{ МПа}$, $T = 298,0 \text{ К}$ и $t = 1 \text{ час}$) при фиксированных давлениях и концентрациях компонентов исходной смеси. Проведенные опыты показали, что имеет место приоритетный перенос самого тяжелого по плотности компонента смеси. Численное решение рассматриваемой задачи позволило получить выражение для коэффициента разделения. Сравнение экспериментальных коэффициентов разделения с вычисленными показало, что выражение для расчетного коэффициента справедливо и определяет максимальное значение величины разделения компонентов смеси. Часть результатов были получены при финансовой поддержке гранта Комитета науки МОН РК № 3482/ГФ4 «Разработка устройства для разделения углеводородной газовой смеси на компоненты с заданными свойствами методом конвективной диффузии» (№ госрегистрации 0115RK01033).

*V.N. Kossov¹, S.A. Krasikov², O.V. Fedorenko², D.B. Zhakebaev³,
M.K. Asembaeva²*

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Experimental and Theoretical Physics at al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
kosov_vlad_nil@list.ru

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDY OF THE PECULIARITIES OF MULTICOMPONENT GAS MIXTURES SEPARATION UNDER NATURAL GRAVITY CONVECTION

Analysis of experimental researches covering the study of convective mixing peculiarities caused by the instability of mechanical equilibrium indicates that the features that are not observed at the transition boundary between the stable regime and the unstable one characterize the developed convective flows. One of these features is the anomalous concentration separation of a mixture, which arises in the interaction of the ascending and descending flows in the vertical

channels. Diffusion leads to the redistribution of concentration fields in cross section due to differences in the interdiffusion coefficients. A synergistic effect leading to the increase of mass transfer rate, as a rule the density heaviest component of the mixture, appears.

Experimental studies were carried out by the two flask method for ternary gaseous mixtures $0,6179 \text{ H}_2 + 0,3821 \text{ N}_2 - \text{CH}_4$ ($p = 2,54 \text{ MPa}$, $T = 353,0 \text{ K}$ and $t = 1 \text{ hour}$) and $0,7760 \text{ CH}_4 + 0,2240 \text{ R12} - \text{n-C}_4\text{H}_{10}$ ($p = 0,22 \text{ MPa}$, $T = 298,0 \text{ K}$ and $t = 1 \text{ hour}$) at a fixed pressure and concentrations of components of the initial mixture. The experiments have shown that there is a priority transfer of the density heaviest component of the mixture. The numerical solution of the problem allowed us to obtain an expression for the separation factor. Comparison of the experimental separation factors with the calculated has shown that the expression for the calculated factor is valid and determines the maximum value of separation of the mixture components. Some of the results were obtained with the financial support of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (project no. 3482/GF 4 «Device development for the convective diffusion separation of hydrocarbon gas mixture into components with the desired properties», state registration no. 0115RK01033).

Ю.В. Королева, А.С. Магомадов

Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия
koroleva2306@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ПРОЦЕССАХ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПРЕСНОЙ ВОДЫ ИЗ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

В статье рассмотрены физические процессы, лежащие в основе перспективного метода добычи воды в безводных засушливых регионах Земли. Данный метод основан на использовании пористого, пропитанного солью материала, позволяющего интенсивно поглощать влагу из воздуха с последующим испарением образовавшегося рассола с помощью солнечных лучей и осаждения пара на внутренней поверхности прозрачной крышки гелиоустановки. Основываясь на законах молекулярно-кинетической теории, авторы выводят общее выражение для интенсивности улавливания влаги. Основываясь на полученном выражении, делается вывод о том, что для улавливания влаги необходимо понизить плотность насыщенного пара над пористой поверхностью по сравнению с плотностью осаждаемого пара. С этой целью рассматриваются два способа: капиллярная конденсация и применение раствора соли. Рассматривая оба способа, их закономерности и движущие механизмы, авторы делают вывод о том, что наиболее эффективным