

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 6, Number 310 (2016), 120 – 126

**Yu.I. Zhavrin, V.N.Kosov, M.S. Moldabekova,
M.K. Asembaeva, O.V. Fedorenko, V. Mukamedenkyzy**

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty
mairamold@mail.ru, zhavrin@physics.kz

TRACE COEFFICIENTS OF COMPONENTS OF SOME NATURAL GASEOUS MIXTURES DIFFUSING INTO THE AIR

Abstract. Multicomponent mass transfer process is described by an effective diffusion coefficient (EDC). Effective diffusion coefficients D_i^{eff} are introduced similar to the binary diffusion coefficient. D_i^{eff} is the diffusion coefficient characterizing the diffusion rate of component i in the mixture of other gases. It is shown that the effective diffusion coefficient is a complex value. It changes when transferring from a certain point of system to another one. This is due to the fact that the flow j_i of each component depends on the concentration distribution of all components. The sign of the EDC will depend on the component distribution within the system. The dependence of the EDC on the concentration of components is considered weak. Therefore, a known solution of the corresponding diffusion problem for binary systems is used. We consider the special case diffusion of small impurities, i.e. the trace diffusion wherein $D_i^{eff} = D_{i1}$. The obtained expressions for the EDC will not depend on the initial concentration distribution of components. This method is used to study the effective diffusion coefficients of trace components in a number of natural gas mixtures diffusing into the air. These gases are following CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , $n-C_4H_{10}$, $n-C_5H_{12}$, CO_2 , N_2 .

The experiments were carried out at $T = 298.0$ K and $P = 0.101$ MPa. The calculated effective diffusion coefficients were compared with those obtained on basis of the solution of a system of Stefan-Maxwell equations and the experimental data. In the numerical experiment, the EDC of components are determined on basis of the Stefan-Maxwell equations and the approximate methods. Application of the EDC method gives the best quantitative agreement with the experimental data for the examined systems. The comparison results indicate that the calculation procedure of the EDC proposed by authors greatly simplifies the analysis of multicomponent mass transfer.

Key words: diffusion process; multicomponent mass transfer; gas mixture.

УДК 533.15; 536.25

**Ю.И. Жаврин, В.Н.Косов, М.С. Молдабекова,
М.К. Асембаева, О.В. Федоренко, В. Мукамеденкызы**

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы
*НИИ ЭТФ при КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

СЛЕДОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ КОМПОНЕНТОВ НЕКОТОРЫХ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ, ДИФФУНДИРУЮЩИХ В ВОЗДУХ

Аннотация. Процесс многокомпонентного массопереноса описывается эффективным коэффициентом диффузии (ЭКД). Эффективные коэффициенты диффузии $D_i^{эф}$ вводятся аналогично коэффициенту бинарной диффузии. $D_i^{эф}$ – коэффициент диффузии, характеризующий скорость диффузии компонента i в смесь остальных газов. Показано, что эффективный коэффициент диффузии представляет сложную

величину. Он изменяется при переходе от одной точки системы к другой. Это связано с тем, что поток j_i каждого из компонентов зависит от распределения концентрации всех компонентов. От распределения компонентов внутри системы будет зависеть и знак ЭКД. Зависимость ЭКД от концентрации компонентов считается слабой. Поэтому используется известное решение соответствующей диффузионной задачи для бинарных систем. Рассматривается частный случай диффузии малых примесей, т.е. следовая диффузия. При этом $D_i^{эф} = D_{i1}$. Полученные выражения для ЭКД не будут зависеть от начального распределения концентраций компонентов. Данный метод использован для исследования эффективных коэффициентов диффузии следовых компонентов в ряде природных газовых смесей, диффундирующих в воздух. Это следующие газы: CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , $n-C_4H_{10}$, $n-C_5H_{12}$, CO_2 , N_2 .

Эксперименты проведены при $T = 298,0$ К и $P = 0,101$ МПа. Вычисленные эффективные коэффициенты диффузии были сопоставлены с данными, полученными на основании решения системы уравнений Стефана-Максвелла, и с экспериментальными данными. В численном эксперименте ЭКД компонентов определяются на основе уравнений Стефана-Максвелла и приближенными методами. Применение метода ЭКД дает наилучшее количественное согласие с экспериментальными данными для рассмотренных систем. Результаты сравнения свидетельствуют, что, предложенная авторами методика расчета ЭКД, существенно упрощает анализ многокомпонентного массопереноса.

Ключевые слова: диффузионный процесс, многокомпонентный массоперенос, газовая смесь.

Введение

Природный газ по сравнению с другими видами источников энергии имеет ряд существенных преимуществ и широко используется в различных отраслях промышленности, а также в быту. Основным его компонентом является метан CH_4 . Кроме того, в природном газе могут содержаться примеси водорода, азота, высших углеводородов C_nH_m , оксида и диоксида углерода. Для описания тепло-массообмена, например, воздух – углеводородные смеси газов (в дальнейшем под углеводородными смесями газов будем понимать *природные* углеводородные смеси газов различного состава) необходимо знать их теплофизические свойства в широком интервале температур и давлений (удельный объем, энтальпия, энтропия, вязкость, теплопроводность и т.д.). Однако на данный момент в большинстве справочников и руководств приведена очень краткая (либо вообще отсутствует [1]) информация о массообменных свойствах природных газов, хотя такие данные крайне необходимы для проектирования технологических циклов и рациональной эксплуатации производственного оборудования. Современный уровень развития вычислительной техники позволяет получать в большинстве конкретных случаев необходимую информацию о переносных и других свойствах газов и их смесей в компактной форме в виде функциональных зависимостей, обеспечивая выбор рациональных режимов работы оборудования в технологических процессах. При этом значительно снижаются затраты на весь производственный цикл.

Иногда сложные функциональные зависимости при тепло-массообменных процессах можно значительно упростить, используя разумные допущения, не искажающие физическую картину. Это, например, относится к многокомпонентному массопереносу в газовых смесях и его описанию через эффективные коэффициенты диффузии (ЭКД). На данный момент такой подход является одним из простых и достаточно точных способов [2-8].

Методы исследования

Экспериментальный материал по изучению многокомпонентного массопереноса с использованием ЭКД имеется для самых общих случаев. Его можно применить для прогнозирования значений ЭКД при расчете различных массообменных процессов в более широких областях термодинамических параметров. Параллельно с проведением экспериментальных работ разрабатывались методы расчета многокомпонентной диффузии, в основе которых, в большинстве случаев, лежали уравнения Стефана-Максвелла. Весь эволюционный процесс, связанный с разработкой этой методики, показал, что такой подход дает возможность предвидеть развитие диффузионных процессов в многокомпонентной газовой смеси [7,9]. Метод ЭКД также позволяет путем проведения численного эксперимента получать кинетические характеристики многокомпонентного массопереноса.

Особо отметим: метод ЭКД основан на том, что процесс многокомпонентного массопереноса можно описать эффективным коэффициентом диффузии, который в случае бинарной системы