

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

1 (311)

**ҚАҢТАР – АҚПАН 2017 ж.
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2017 г.
JANUARY – FEBRUARY 2017**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Жұмаділдаев А.С. проф., академик (Қазақстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Қазақстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Өмірбаев У.У. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Жүсіпов М.А. проф. (Қазақстан)
Жұмабаев Д.С. проф. (Қазақстан)
Асанова А.Т. проф. (Қазақстан)
Бошқаев К.А. PhD докторы (Қазақстан)
Сұраған Д. PhD докторы (Қазақстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Қырғыстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Белорус)
Пашаев А. проф., академик (Әзірбайжан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
01.06.2006 ж. берілген №5543-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.
Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

Джумадильдаев А.С. проф., академик (Казахстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Казахстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умирбаев У.У. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Жусупов М.А. проф. (Казахстан)
Джумабаев Д.С. проф. (Казахстан)
Асанова А.Т. проф. (Казахстан)
Бошкаев К.А. доктор PhD (Казахстан)
Сураган Д. доктор PhD (Казахстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Кыргызстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Беларусь)
Пашаев А. проф., академик (Азербайджан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов
Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

E d i t o r i n c h i e f
doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

Dzhumadildayev A.S. prof., academician (Kazakhstan)
Kalmenov T.Sh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhantayev Zh.Sh. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umirbayev U.U. prof. corr. member. (Kazakhstan)
Zhusupov M.A. prof. (Kazakhstan)
Dzhumabayev D.S. prof. (Kazakhstan)
Asanova A.T. prof. (Kazakhstan)
Boshkayev K.A. PhD (Kazakhstan)
Suragan D. PhD (Kazakhstan)
Quevedo Hernando prof. (Mexico),
Dzhunushaliyev V.D. prof. (Kyrgyzstan)
Vishnevskiy I.N. prof., academician (Ukraine)
Kovalev A.M. prof., academician (Ukraine)
Mikhalevich A.A. prof., academician (Belarus)
Pashayev A. prof., academician (Azerbaijan)
Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.
Tiginyanu I. prof., academician (Moldova)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 1, Number 311 (2017), 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

будет тождественно равен обычному коэффициенту взаимной диффузии (КВД). Формально это утверждение для одномерного случая записывается в виде первого закона Фика

$$j_i = -D_i^{\text{эф}} \frac{dc_i}{dx}, \quad (1)$$

где j_i , c_i – плотность диффузионного потока и концентрация i – го компонента соответственно.

Таким образом, j_i поток i – го компонента в n – компонентной газовой смеси определяется только градиентом данного компонента и его ЭКД, который характеризует скорость диффузии компонента I в смесь остальных газов.

В литературе приводится ряд записей выражений для ЭКД (см., например, [3,8]), в основе которых лежат уравнения Стефана - Максвелла. Мы будем использовать выражение из работы [5,10], которое легко проверяется в диффузионных экспериментах.

$$D_i^{\text{эф}} = D_{ii}^* + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n-1} D_{ij}^* \frac{dc_j}{dc_i}, \quad (2)$$

где D_{ii}^* , $D_{ij}^* = f(D_{ij}, y_i, y_j)$ – главные и перекрестные «практические» коэффициенты диффузии (ПКД) или их иногда называют матричными коэффициентами многокомпонентной диффузии (МКМД); dc_j / dc_i – отношение, связывающее изменение концентрации j – го компонента с изменением концентрации i –го компонента; D_{ij} – КВД пары газов i и j ; y_i, y_j – мольные доли компонентов i и j .

Выражение (2) в локальных величинах достаточно сложно в применении, поэтому его упрощают, переходя к приближенному вычислению интегрального (усредненному по всему диффузионному слою) ЭКД i – го компонента в n компонентной смеси. Величины D_{ii}^* , D_{ij}^* рассчитываются для усредненных (среднее арифметическое) мольных долей, а отношение градиентов заменяют отношением разностей концентраций компонентов между точками θ и L на границах диффузионного слоя

$$\bar{D}_i^{\text{эф}} = \bar{D}_{ii}^* + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n-1} \bar{D}_{ij}^* \left(\frac{c_j^L - c_j^0}{c_i^L - c_i^0} \right). \quad (3)$$

Из (3) следует, что в зависимости от распределения компонентов внутри системы зависит знак ЭКД, который может быть как положительный, так и отрицательный. Для простейшей многокомпонентной системы – тройной смеси выражение для расчета ЭКД имеет вид

$$\bar{D}_i^{\text{эф}} = \frac{(1 - \bar{y}_i) \bar{D}_{ij} \bar{D}_{ik} + \bar{y}_i \bar{D}_{jk} \bar{D}_{ik} + \bar{y}_i (\bar{D}_{ik} \bar{D}_{jk} - \bar{D}_{ij} \bar{D}_{jk}) \left(\frac{c_j^L - c_j^0}{c_i^L - c_i^0} \right)}{\bar{y}_i \bar{D}_{jk} + \bar{y}_j \bar{D}_{ik} + \bar{y}_k \bar{D}_{ij}}, \quad i, j, k = 1, 2, 3 \quad (4)$$

где $\bar{y}_i, \bar{y}_j, \bar{y}_k$ – усредненные (среднее арифметическое) мольные доли компонентов.

В частных случаях многокомпонентной изотермической диффузии можно получить выражения для ЭКД, которые не будут зависеть от начального распределения концентраций компонентов [2,5]:

1. Следовая диффузия (диффузия малых примесей) компонента i в однородную смесь остальных газов

$$\bar{D}_i^{\gamma\phi} = \frac{1}{\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \bar{x}_j / D_{ij}} ; \quad (5)$$

2. Для систем, где компоненты, кроме компоненты i , неподвижны либо перемещаются с постоянной скоростью

$$\bar{D}_i^{\gamma\phi} = \frac{1 - \bar{x}_i}{\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \bar{x}_j / \bar{D}_{ij}} ; \quad (6)$$

3. Для систем, в которых коэффициенты взаимной диффузии (КВД) пар газов, входящих в смесь, D_{ij} близки или одинаковы, т.е.

$$\bar{D}_i^{\gamma\phi} = D_{ij} . \quad (7)$$

Интегральные значения ЭКД в n - компонентной газовой смеси можно рассчитывать по формуле (3), а для диффузии трех компонентов по (4). Общим при расчете интегральных ЭКД является то, что они проводятся для равновесных концентраций компонентов с использованием коэффициентов взаимной диффузии (КВД) пар газов, входящих в систему. Прежде, чем начинать расчеты ЭКД в смесях с большим числом компонентов, рационально объединить газы с близкими КВД и считать их одним газом с каким-то средним коэффициентом диффузии. Такая операция не приведет к серьезной погрешности, а математическую обработку данных серьезно облегчит.

При обращении к той или иной формуле для расчета ЭКД необходимо помнить для, какого случая диффузии она получена. Иначе, если нарушены эти условия, то конечный результат будет неверен. В частности, это больше всего относится к формуле (5), которую из-за ее простоты применяют при всех видах расчета многокомпонентной диффузии, не задумываясь о тех ограничениях, которые были заложены при ее выводе.

При измерении ЭКД в большинстве задач нами использовался метод двухколбового диффузионного прибора [11]. Конструкция диффузионного аппарата, приборов и узлов, входящих в экспериментальную установку, а также методика работы детально описаны в [12]. В представленных расчетах использовались геометрические параметры диффузионного аппарата, (постоянная прибора) которого была равна 2500 см².

Ранее нами [13] через численный эксперимент была исследована диффузия пяти природных углеводородных газовых смесей в воздух при $T = 298,0$ К и $P = 0,101$ МПа. Состав и концентрации компонентов в смесях были взяты из справочного пособия [1]. При этом выбор того или иного газового месторождения не был связан с классификацией предложенной в [1], а обуславливался только концентрацией основного газа – метана. Этот диапазон составлял от минимальных его значений в смеси до максимальных. В расчетах нами учитывались все компоненты, хотя многие из газов присутствовали в виде «следов». (В понятие «следовой» концентрации вкладывается следующий смысл: когда молекулы данного газа не испытывают соударений между собой, а сталкиваются только с молекулами других газов. В количественном отношении (смотря, какие газы в смеси) – это может достигать до 5-7 %).

Результаты исследований

В данной публикации представлены исходные данные и полученные ранее экспериментальные результаты по трем из пяти природных смесей [13]. Ниже перечислены газовые месторождения, приведен их состав и концентрации компонентов в мольных долях (отметим, что в дальнейшем для удобства нами будут использоваться не химические символы газов, а их цифровая нумерация, приведенная после них), а также результаты их обработки:

1. Марковское (Балыхтинский пласт) ([1] с. 182). Исследуемая система: $Air(1) - 0,7240 CH_4(2) + 0,0930 C_2H_6(3) + 0,0780 C_3H_8(4) + 0,0490 n-C_4H_{10}(5) + 0,0305 n-C_3H_{12}(6) + 0,0100 CO_2(7) + 0,0155 N_2(8)$;

2. Уренгойское месторождение ([1] с. 182). Исследуемая система: $Air(1) - 0,8531 CH_4(2) + 0,0581 C_2H_6(3) + 0,0536 C_3H_8(4) + 0,0200 n-C_4H_{10}(5) + 0,0018 n-C_5H_{12}(6) + 0,0044 CO_2(7) + 0,0090 N_2(8)$;

3. Газли-ХII месторождение (средний состав) ([1] с. 178). Исследуемая система: $Air(1) - 0,9444 CH_4(2) + 0,0258 C_2H_6(3) + 0,0031 C_3H_8(4) + 0,0015 n-C_4H_{10}(5) + 0,0039 n-C_5H_{12}(6) + 0,0020 CO_2(7) + 0,0193 N_2(8)$.

Для проведения расчетов были необходимы КВД пар газов, входящих в системы. Вычисления КВД проводились согласно теории Чепмена-Энскога с использованием потенциала Леннарда-Джонса [2] при $T = 298,0$ К, $P = 0,101$ МПа. Так как экспериментальных данных очень мало, поэтому для создания объективного подхода использовались только расчетные значения (при желании читатель может сопоставить эти результаты с экспериментом, если таковой он имеет). Значения КВД следующие: $D_{12} = 0,217$; $D_{13} = 0,144$; $D_{23} = 0,151$; $D_{14} = 0,111$; $D_{24} = 0,121$; $D_{34} = 0,077$; $D_{15} = 0,079$; $D_{25} = 0,105$; $D_{35} = 0,066$; $D_{45} = 0,050$; $D_{16} = 0,082$; $D_{26} = 0,092$; $D_{36} = 0,057$; $D_{46} = 0,043$; $D_{56} = 0,036$; $D_{17} = 0,151$; $D_{27} = 0,165$; $D_{37} = 0,104$; $D_{47} = 0,079$; $D_{57} = 0,067$; $D_{67} = 0,058$; $D_{18} = 0,203$; $D_{28} = 0,217$; $D_{38} = 0,144$; $D_{48} = 0,112$; $D_{58} = 0,096$; $D_{68} = 0,083$; $D_{78} = 0,151$ см²/с.

Также воздух полагался как один компонент. Это вполне оправдано, если считать, что соотношение концентраций кислорода и азота в воздухе не подвергается сильным изменениям [16].

Так как диффузионный процесс в двухколбовом аппарате является нестационарным, то, естественно, представляет интерес поведение ЭКД компонентов в системах с течением времени [13]. За интервал времени в 360 минут они практически не изменились, хотя изменение концентраций в колбах аппарата достигло значений близких к равновесным. Такое поведение газов вполне объяснимо тем, что их КВД в воздух отличаются незначительно. Аналогичное поведение компонентов было получено и для всех других исследованных систем.

Ниже приведены вычисленные значения ЭКД основных компонентов (для Air и CH₄) и следовые коэффициенты (сюда были отнесены остальные газы) исследованных систем.

1. Марковское (Балыхтинский пласт):

Таблица 1 - ЭКД компонентов, полученные на основе уравнений Стефана-Максвелла [9] и приближенными методами (формулы 1.20 и 1.21)

Компоненты смеси газов	Air	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	n-C ₄ H ₁₀	n-C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂
Расчет по [9]	0,181	0,206	0,138	0,107	0,068	0,079	0,144	0,193
Расчет по 1.20 и 1.21 (для Air и CH ₄)	0,172	0,188	0,141	0,110	0,0849	0,0793	0,140	0,190

2. Уренгойское месторождение:

Таблица 2 - ЭКД компонентов, полученные на основе уравнений Стефана-Максвелла [9] и приближенными методами (формулы 1.20 и 1.21)

Компоненты смеси газов	Air	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	n-C ₄ H ₁₀	n-C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂
Расчет по [9]	0,199	0,212	0,141	0,107	0,0645	0,077	0,146	0,198
Расчет по (1.20) и (1.21) для Air и CH ₄)	0,194	0,201	0,146	0,115	0,088	0,082	0,149	0,198

3. Газли-ХII месторождение (средний состав):

Таблица 3 - ЭКД компонентов, полученные на основе уравнений Стефана-Максвелла [9] и приближенными методами (формулы 1.20 и 1.21)

Компоненты смеси газов	Air	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	n-C ₄ H ₁₀	n-C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂
Расчет по [9]	0,212	0,201	0,142	0,107	0,061	0,075	0,148	0,202
Расчет по (1.20) и (1.21) для Air и CH ₄)	0,211	0,216	0,148	0,115	0,090	0,090	0,140	0,190

Заклучение

Таким образом, предложенные методы расчета коэффициентов диффузии (ЭКД и следовые коэффициенты) для природных многокомпонентных газовых систем при строгом подходе и по приближенным методикам, удовлетворительно согласуются между собой и могут взаимно дополнять друг друга, что свидетельствует о принципиальной возможности их использования для практических целей, а также служить в качестве справочной информации при описании массообменных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Теплотехнические расчеты процессов транспорта и регазификации природных газов. Справочное пособие / Загорученко В.А., Бикчентай Р.Н., Вассерман А.А. и др. – М., Недра, 1980. - 320 с.
- [2] Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса: Пер. с англ. – М.: Химия, 1974. – 688
- [3] Тирский Г.А. Вычисление эффективных коэффициентов диффузии в ламинарном диссоциированном многокомпонентном пограничном слое // ПММ. – 1969, Вып. 1. – С. 180-182.
- [4] Wilke C. R. Diffusional properties of multicomponent gases // Chem. Eng. Prog. - 1950. - V. 46, N 2. - P. 95 - 104.
- [5] Косов Н.Д., Жаврин Ю.И., Новосад З.И. Диффузия в многокомпонентных газовых смесях // Теплофизические свойства веществ и материалов. – М.: Изд-во стандартов. – 1982, вып. 17. – С. 86-112.
- [6] Викторов М.М. Методы вычисления физико-химических величин и прикладные расчеты. - М.: Химия, 1977. - 360 с.
- [7] Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Новосад З.И. Расчет эквимолярной диффузии в многокомпонентных газовых смесях методом эффективных коэффициентов // Диффузия в газах и жидкостях. – Алма-Ата: МВ и ССО КазССР, 1974. – С. 12-19.
- [8] Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Новосад З.И. Описание нестационарной диффузии в многокомпонентных газовых смесях методом эффективных коэффициентов // ЖФХ. – 1975. – Т. 49, № 3. – С. 706-709.
- [9] Жаврин Ю.И., Жаврин В.Ю., Косов В.Н., Поярко И.В. Расчет многокомпонентного массопереноса в двухколбовом аппарате с применением языка программирования DELPHI // Вестник КазНУ, сер. физическая. – Алматы. - 2006, № 2 (22). – С. 73-79.
- [10] Новосад З.И., Косов Н.Д. Эффективные коэффициенты диффузии трехкомпонентных газовых смесей гелия, аргона и углекислого газа // ЖТФ. – 1970. – Т. 40, № 11. – С. 2368-2375.
- [11] Andrew S.P.S. A simple Method of Measuring Gaseous Diffusion Coefficient // Chem. Eng. Sci. – 1955. - V. 4. – P. 269-272.
- [12] Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Белов С.М., Семидоцкая Н.И. О применении метода эффективных коэффициентов диффузии к диффузии в многокомпонентных газовых смесях при повышенных давлениях // Тепломассоперенос в жидкостях и газах. – Алма-Ата, 1982. – С. 3-12.
- [13] Жаврин Ю.И., Поярко И.В., Егорова М.А., Котелевская Е.А., Торопыгина А.В. Диффузия некоторых многокомпонентных углеводородных газовых смесей в воздух // Вестник КазНУ. Сер. физ. – Алматы, 2007. - № 2(24). – С. 8-12.

REFERENCES

- [1] Teplotehnicheskie raschety processov transportaie gazifikacii prirodnyh gazov. Spravochnoeposobie / Zagoruchenko V.A., Bikchentaj R.N., Vasserman A.A. i dr. M.: Nedra, **1980**. 320 s.
- [2] Berd R., St'juart V., Lajtftut E. Javlenija perenosa: Per. s angl. M.: Himija, **1974**. 688.
- [3] Tirskej G.A. Vychislenie jeffektivnyh kojefficientov diffuzii v laminarnom dissociirovannom mnogokomponentnom pograničnom sloe // PMM. **1969**, Vyp. 1. S. 180-182.
- [4] Wilke C. R. Diffusional properties of multicomponent gases // Chem. Eng. Prog. **1950**. V. 46, N 2. P. 95 - 104.
- [5] Kosov N.D., Zhavrin Yu.I., Novosad Z.I. Diffuzija v mnogokomponentnyh gazovyh smesjah // Teplofizicheskie svojstva veshhestv i materialov. M.: Izd-vo standartov. **1982**, vyp. 17. S. 86-112.
- [6] Viktorov M.M. Metody vychislenija fiziko-himicheskikh velichini prikladnye raschety. M.: Himija, **1977**. 360 s.
- [7] Zhavrin Yu.I., Kosov N.D., Novosad Z.I. Raschet jekvimoljarnoj diffuzii v mnogokomponentnyh gazovyh smesjah metodom jeffektivnyh kojefficientov // Diffuzija v gazahizhidkostjah. Alma-Ata: MV i SSO KazSSR, **1974**. S. 12-19.
- [8] Zhavrin Yu.I., Kosov N.D., Novosad Z.I. Opisanie nestacionarnoj diffuzii v mnogokomponentnyh gazovyh smesjah metodom jeffektivnyh kojefficientov // ZhFH. **1975**. T. 49, № 3. S. 706-709.
- [9] Zhavrin Yu.I., Zhavrin V.Yu., Kosov V.N., Pojarkov I.V. Raschet mnogokomponentnogo massoperenosa v dvuhkolbovom apparate s primeneniem jazyka programirovanija DELPHI // Vestnik KazNU, ser. fizicheskaja. Almaty. **2006**, № 2 (22). S. 73-79.
- [10] Novosad Z.I., Kosov N.D. Jeffektivnye kojefficienty diffuzii trehkomponentnyh gazovyh smesej geliya, argona i uglekislogo gaza // ZhTF. **1970**. T. 40, № 11. S. 2368-2375.
- [11] Andrew S.P.S. A simple Method of Measuring Gaseous Diffusion Coefficient // Chem. Eng. Sci. **1955**. V. 4. P. 269-272.
- [12] Zhavrin Yu.I., Kosov N.D., BelovS..M., Semidockaja N.I. O primenenii metodaj jeffektivnyh kojefficientov diffuzii k diffuzii v mnogokomponentnyh gazovyh smesjah pri povyshennyh davlenijah // Teplomassoperenos v zhidkostjah I gazah. Alma-Ata, **1982**. S. 3-12.

[13] Zhavrin Yu.I., Pojarkov I.V., Egorova M.A., Kotelevskaja E.A., Toropygina A.V. Diffuzija nekotoryh mnogokomponentnyh uglevodorodnyh gazovyh smesej v vozduh // Vestnik KazNU. Ser. fiz. Almaty, 2007. № 2(24). S. 8-12.

ӘОЖ: 533.15; 536.25

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

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

АУАМЕН АРАЛАСАТЫН КЕЙБІР ТАБИҒИ ГАЗ ҚОСПАСЫ КОМПОНЕНТТЕРІ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІНІҢ ТАБЫ

Аннотация. Көпқұрамды массатасымалдау процесі диффузияның эффективті коэффициенті арқылы сипатталады. Диффузияның эффективті коэффициенті $D_i^{эф}$ диффузияның бинарлы коэффициенті секілді қорытылып шығарылады. $D_i^{эф}$ - дегеніміз қоспадағы i компоненттің диффузия жылдамдығын сипаттайтын диффузия коэффициенті. Диффузияның эффективті коэффициентінің күрделі шама екендігі көрсетілген. Ол бір нүктеден екінші нүктеге өткенде өзгеріп отырады. Бұл компоненттердің әрбір j ағыны барлық компоненттердің концентрациясының таралуына тәуелділігіне байланысты. Жүйенің ішіндегі компоненттердің таралуына ЭДК-нің таңбасы тәуелді. Ал, ЭДК-нің компоненттердің концентрациясына тәуелділігі әлсіз. Сондықтан да, бинарлы жүйелер үшін сәйкесінше диффузиялық есептерді шешуде анықталған тәсілдер қолданылады. Мұнда аз қоспалы диффузияның жекелеген жағдайын қарастырайық, яғни диффузия коэффициенттерінің табы $D_i^{эф} = D_{i1}$. ЭДК-і үшін алынған нәтижелер компонент концентрациясының алғашқы таралуынан тәуелсіз. Бұл әдіс ауамен араласатын табиғи газ қоспа компоненттерінің ЭДК-ін зерттеуде пайдаланылған. Олар мына газдар: CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , $n-C_4H_{10}$, $n-C_5H_{12}$, CO_2 , N_2 .

Тәжірибелер $T = 298,0 K$ және $P = 0,101 Mna$ жүргізілген. Есептелінген эффективті диффузия коэффициенттері Стефан-Максвелл теңдеулер жүйесінің шешімі негізінде алынған нәтижелермен және тәжірибелік нәтижелермен салыстырылды. Компоненттердің ЭДК-ін сандық тәжірибелерде Стефан-Максвелл теңдеулер жүйесінің шешімі негізінде және жуықтау әдістерімен анықтайды. Қарастырылып отырған жүйелер үшін ЭДК әдісін қолдану тәжірибелік нәтижелермен сәйкестіктің жоғары екендігін көрсетеді. Салыстыру нәтижелері көрсеткендей авторлардың ұсынып отырған ЭДК есептеу әдісі көпкомпонентті массатасымалдауды зерттеуді едәуір жеңілдеткендігі көрсетілген.

Түйін сөздер: диффузиялық процесс, көпкомпонентті массаалмасу, газ қоспасы.

МАЗМҰНЫ

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Отарбаева А.М., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М.</i> 18 МэВ энергиялы дейтрондардың ${}^6\text{Li}$ ядроларынан серпімді шашырауын зерттеу	5
<i>Жұмбаев Д.С., Темешева С.М.</i> Сызықсыз жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесінің бүкіл өсте шектелген шешімін табу есебінің аппроксимациясы.....	13
<i>Исахов А. А., Даржанова А. Б.</i> Математикалық модельдеу әдісі арқылы қоршаған ортаға жылу электр станцияларының жұмысының әсерін бағалау.....	20
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Космологиялық мәселелерді шешудің жуықтау салдары. (1-бөлім).....	27
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Космологиялық мәселелерді шешудің жуықтау салдары. (2-бөлім)	36
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Космологиялық мәселелерді шешудің жуықтау салдары (1-бөлім)	46
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Космологиялық мәселелерді шешудің жуықтау салдары. (2-бөлім)	55
<i>Байжанов С.С., Култешов Б.Ш.</i> Эбден О-минималдық теориялардың модельдерін байытуда инварианттық қасиеттері.....	65
<i>Дүйсенбай А.Д., Такибаев Н.Ж., Курманғалиева В.О.</i> Исследование реакций взаимодействия изотопов Li и Be с нейтронами.....	72
<i>Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абекова Ж.А., Омашова Г.Ш., Қыдырбекова Ж.Б., Джумағалиева А.И.</i> Нақты газ изотермаларын зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты орындауды ұйымдастыру	77
<i>Калмурзаев Б.С.</i> L_m^0 Жартыторының екі элементі ершов иерархиясының жиындар үйірінің Роджерс жартыторына енуінің бағалаулары жайлы.....	83
<i>Рябкин Ю.А., Рақыметов Б.А., Байтұмбетова Б.А., Айтмукан Т., Клименов В.В., Муратов Д.А., Мереке А.У., Умирзаков А.У.</i> Көміртекті қабықшаның парамагнитті қасиетін анықтау негізінде кеуікті никельді анодты зерттеу үшін ЭПР әдісінің мүмкіндігі.....	91
<i>Байтұмбетова Б.А., Рябкин Ю.А., Рахметов Б.А.</i> Графен құрылымдарын ультрадыбыс өрісінде графитті ароматикалық көмірсутектер жүйесінде әсер етіп алу және оларды ЭПР әдісімен зерттеу.....	99
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Отарбаева А.М., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М.</i> 18 МэВ энергиялы дейтрондардың ${}^6\text{Li}$ ядроларынан серпімді шашырауын зерттеу.....	104
<i>Жұмбаев Д.С., Темешева С.М.</i> Сызықсыз жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесінің бүкіл өсте шектелген шешімін табу есебінің аппроксимациясы.....	113
<i>Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Молдабекова М.С., Асембаева М.К., Федоренко О.В., Мукамеденқызы В.</i> Ауамен араласатын кейбір табиғи газ қоспасы компоненттері коэффициенттерінің табы.....	120
<i>Шыныбаев М.Д., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Алиасқаров Д.Р., Мырзақасова Г.Е., Шекербекова С.А., Садыбек А.Ж.</i> Екі жылжымайтын нүкте проблемасының жаңа нұсқасын үш дене есебінде қолдану.....	127
<i>Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И., Сапрунова М.Б.</i> Толқындардың үзік ішек бойымен таралуы туралы.....	137
<i>Жақып-тегі К. Б.</i> $k - \varepsilon$, 1es , рейнольдс және дәрежелі моделдер туралы.....	144
<i>Мазакова Б.М., Жақыпов А.Т., Абдикеримова Г.Б.</i> Көзі ашық мәліметтердің негізінде ғарыш аппараттарының орбитасын салу.....	159
<i>Сапрунова М.Б., Ақылбаев М.И., Шалданбаев А.Ш.</i> Желідегі ақпарларды қорғаудың бір тәсілі туралы.....	164
<i>Самагулова Л.А., Исаева Г.Б.</i> Программалауды оқытуда қолданылатын оқыту технологияларының ерекшеліктері	173
<i>Есқалиев М.Е.</i> Жүктелген элемент әсерінен болатын есепті жуықтап шешу үшін шекаралық элементтер әдісі....	180
<i>Миндетбаева А.А., Мусаханова М.А.</i> Информатика бойынша сыныптан тыс жұмыстарды жүргізуге арналған ақпараттық-бағдарламалық кешен құру.....	187

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Отарбаева А.М., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М.</i> Изучение упругого рассеяния дейтронов на ядрах ${}^6\text{Li}$ при энергии 18 МэВ.....	5
<i>Джумабаев Д.С., Темешева С.М.</i> Аппроксимация задачи нахождения ограниченного решения системы нелинейных нагруженных дифференциальных уравнений.....	13
<i>Исахов А. А., Даржанова А. Б.</i> Оценка воздействия функционирования тепловой электростанции на окружающую среду методами математического моделирования.....	20
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Решение космологической проблемы в приближениях (Часть-1).....	27
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Решение космологической проблемы в приближениях (Часть-2).....	36
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Решение космологической проблемы в приближениях (Часть-1).....	46
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Решение космологической проблемы в приближениях (Часть-2).....	55
<i>Байжанов С.С., Кулешов Б.Ш.</i> Инвариантные свойства при обогащениях моделей вполне О-минимальных теорий.....	65
<i>Дүйсенбай А.Д., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О.</i> Li және Be изотоптарының нейтрондармен әрекеттесу реакцияларын зерттеу.....	72
<i>Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абекова Ж.А., Омишова Г.Ш., Кыдырбекова Ж.Б., Джумагалиева А.И.</i> Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию изотерм реального газа.....	77
<i>Калмурзаев Б.С.</i> Об оценках вложимости L_m^0 в полурешетку Роджерса двухэлементных семейств множеств иерархии Ершова.....	83
<i>Рябкин Ю.А., Рақыметов Б.А., Байтимбетова Б. А., Айтмукан Т., Клименов В.В., Муратов Д.А., Мереке А.У., Умирзаков А.У.</i> Выяснение возможности использования метода ЭПР для изучения пористого никелевого анода на основе определения парамагнитных характеристик углеродных пленок.....	91
<i>Байтимбетова Б.А., Рябкин Ю.А., Рахметов Б.А.</i> Получение графеновых структур в системе графит с ароматическими углеводородами при воздействии ультразвукового поля и изучение их методом ЭПР.....	99
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Отарбаева А.М., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М.</i> Изучение упругого рассеяния дейтронов на ядрах ${}^6\text{Li}$ при энергии 18 МэВ.....	104
<i>Джумабаев Д.С., Темешева С.М.</i> Аппроксимация задачи нахождения ограниченного решения системы нелинейных нагруженных дифференциальных уравнений.....	113
<i>Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Молдабекова М.С., Асембаева М.К., Федоренко О.В., Мукамеденкызы В.</i> Следовые коэффициенты компонентов некоторых природных газовых смесей, диффундирующих в воздух.....	120
<i>Шинибаев М.Д., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Алиаскаров Д.Р., Мырзакасова Г.Е., Шекербекова С.А., Садыбек А.Ж.</i> Использование новой версии задачи двух неподвижных центров в задаче трех тел.....	127
<i>Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И., Сапрунова М.Б.</i> О распространении волн по разрывной струне.....	137
<i>Джакупов К.Б.</i> О $k - \varepsilon$, les , рейнольдс и степенных моделях.....	144
<i>Мазакова Б.М., Жакыпов А.Т., Абдикеримова Г.Б.</i> Построение орбиты космического аппарата на основе открытых исходных данных.....	159
<i>Сапрунова М.Б., Ақылбаев М.И., Шалданбаев А.Ш.</i> Об одном способе защиты передачи информации.....	164
<i>Смагулова Л.А., Исаева Г.Б.</i> Особенности технологий обучения, применяемых в обучении программирования.....	173
<i>Ескалиев М.Е.</i> Метод граничного элемента для приближенного решения задачи, вызванной действием нагруженного элемента.....	180
<i>Миндетбаева А.А., Мусаханова М.А.</i> Создание информационно-программного комплекса для проведения внеклассных работ по информатике.....	187

CONTENTS

<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Alimov D.K., Otarbayeva A.M., Mukhamejanov Y.S., Janseitov D.M.</i> Study of elastic scattering of deuterons from ${}^6\text{Li}$ AT energy 18 MeV.....	5
<i>Dzhumabaev D.S., Temesheva S.M.</i> Approximation of problem for finding the bounded solution to system of nonlinear loaded differential equations	13
<i>Issakhov A.A., Darzhanova A.B.</i> Assessing the impact of thermal power plants in the aquatic environment in reservoir-cooler.....	20
<i>Drozdov A.M., Zhokhov A.L., Yunusov A.A., Yunusova A.A.</i> Solution of the cosmological problem in the approximations. (Part-1).....	27
<i>Drozdov A.M., Zhokhov A.L., Yunusov A.A., Yunusova A.A.</i> Solution of the cosmological problem in the approximations. (Part-2)	36
<i>Drozdov A.M., Zhokhov A.L., Yunusov A.A., Yunusova A.A.</i> Solution of the cosmological problem in the approximations (Part-1)	46
<i>Drozdov A.M., Zhokhov A.L., Yunusov A.A., Yunusova A.A.</i> Solution of the cosmological problem in the approximations. (Part-2)	55
<i>Baizhanov S.S., Kulpeshov B.Sh.</i> Invariant properties at expanding models of quite O-minimal theories.....	65
<i>Duisenbay A.D., Takibayev N.ZH., Kurmangaliyeva V.O.</i> Research of the reactions of Li and Be isotopes with neutrons....	72
<i>Kabyrbekov K.A., Ashirbaev H. A., Abekova ZH. A., Omashova G.Sh., Kydyrbekova Zh. B., Dzhumagaliyeva A.I.</i> The organization of performance of computer laboratory operation on examination of isothermal curves real gaza.....	77
<i>Kalmurzayev B.S.</i> On assessments of embeddability L_m^0 in rogers semilattice of two-element families of sets in the Hierarchy of Ershov.....	83
<i>Ryabikin Y.A., Rakymetov B.A., Baytimbetova B.A., Aytmukan T., Klimenov V.V., Muratov D.A., Mereke A.U., Umirzakov A.U.</i> Identification of capabilities of the EPR method in studying porous nickel anodes based on definition of paramagnetic characteristics of carbon films.....	91
<i>Baitimbetova B.A., Ryabikin Yu.A., Rachmetov B.A.</i> Production of graphene structures in the graphite with an aromatic hydrocarbon on exposure to ultrasonic fields and investigation of their EPR.....	99
<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Alimov D.K., Otarbayeva A.M., Mukhamejanov Y.S., Janseitov D.M.</i> Study of elastic scattering of deuterons from ${}^6\text{Li}$ at energy 18 MeV.....	104
<i>Dzhumabaev D.S., Temesheva S.M.</i> Approximation of problem for finding the bounded solution to system of nonlinear loaded differential equations.....	113
<i>Zhavrin Yu.I., Kosov V.N., Moldabekova M.S., Asembaeva M.K., Fedorenko O.V., Mukamedenkyzy V.</i> Trace coefficients of components of some natural gaseous mixtures diffusing into the air.....	120
<i>Shinibaev M.D., Dairbekov S.S., Zholdasov S.A., Myrzakasova G.E., Aliaskarov D.R., Shekerbekova S.A., Sadybek A.G.</i> Use of the new version of the problem of two centers in the three-body problem.....	127
<i>Shaldanbayev A. Sh., Akylbayev M., Saprunova M.B.</i> About an advance of waves on an explosive string.....	137
<i>Jakupov K.B.</i> About $k-\varepsilon$, les, reynolds and power model.....	144
<i>Mazakova B.M., Zhakypov A.T., Abdikerimova G.B.</i> The spacecraft's orbit consecution based on open source data.....	159
<i>Saprunova M.B., Akylbayev M., Shaldanbayev A. Sh.</i> About one way of protection of information transfer.....	164
<i>Smagulova L.A., Issayeva G.B.</i> Features of the learning technologies used in teaching programming.....	173
<i>Yeskaliyev M.Ye.</i> Boundary element method for the approximate solution of the problem caused by the action of a loaded element.....	180
<i>Mindetbayeva A.A., Musahanova M.A.</i> Creation of the of a software complex for extracurricular activities on informatics.....	187

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.physics-mathematics.kz>

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Редакторы *М. С. Ахметова, Д.С. Аленов, Т.А. Апендиев, А.Е. Бейсебаева*
Верстка на компьютере *А.М. Күльгинбаевой*

Подписано в печать 01.02.2017.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
11,4 п.л. Тираж 300. Заказ 1.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19