



Қазақстан 2050



V ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ФАРАБИ ОҚУЛАРЫ

Алматы, Қазақстан, 3-13 сәуір, 2018 жыл

ӘБДІЛДИН ОҚУЛАРЫ:

ЗАМАНАУИ ФИЗИКАНЫҢ КӨКЕЙКЕСТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ
ҚР ҰҒА академигі Әбділдин Мейірхан Мүбаракұлының

80-жылдығына арналған атты
халықаралық ғылыми конференция
МАТЕРИАЛДАРЫ

Алматы, Қазақстан, 12-15 сәуір 2018 жыл

V МЕЖДУНАРОДНЫЕ ФАРАБИЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Алматы, Казахстан, 3-13 апреля 2018 года

МАТЕРИАЛЫ

международной научной конференции
АБДИЛЬДИНСКИЕ ЧТЕНИЯ:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ
посвященной 80-летию академика НАН РК
Абдильдина Мейрхан Мубараковича
Алматы, Казахстан, 12-15 апреля 2018 года

V INTERNATIONAL FARABI READINGS

Almaty, Kazakhstan, 3-13 April 2018

MATERIALS

of the International Scientific conference dedicated
to the 80th anniversary of Academician of the NAS RK
Abdildin Meirkhan Mubarakovich

ABDILDIN READINGS:
ACTUAL PROBLEMS OF MODERN PHYSICS

Almaty, Kazakhstan, 12-15 April 2018

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ
AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ФИЗИКАЛЫҚ ҚОҒАМ
КАЗАХСТАНСКОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
KAZAKH PHYSICAL SOCIETY

АЗИЯ-ТЫНЫҚ МҰХИТ ТЕОРИЯЛЫҚ ФИЗИКА ОРТАЛЫҒЫ
АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКИЙ ЦЕНТР ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ
ASIA-PACIFIC CENTER FOR THEORETICAL PHYSICS

V ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ФАРАБИ ОҚУЛАРЫ
Алматы, Қазақстан, 3-13 сәуір 2018 жыл

ӘБДІЛДИН ОҚУЛАРЫ:
ЗАМАНАУИ ФИЗИКАНЫҢ КӨКЕЙКЕСТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ

ҚР ҰҒА академигі Әбділдин Мейірхан Мұбаракұлының
80 жылдығына арналған халықаралық ғылыми конференция
МАТЕРИАЛДАРЫ
Алматы, Қазақстан 12-15 сәуір 2018 ж.

V МЕЖДУНАРОДНЫЕ ФАРАБИЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ
Алматы, Казахстан, 3-13 апреля 2018 г.

АБДИЛЬДИНСКИЕ ЧТЕНИЯ:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

МАТЕРИАЛЫ
международной научной
конференции, посвященной 80-летию
академика НАН РК Абдильдина Мейрхан Мубаракovich
Алматы, Казахстан, 12-15 апреля 2018 г.

V INTERNATIONAL FARABI READINGS
Almaty, Kazakhstan, 3-13 April, 2018

ABDILDIN READINGS:
ACTUAL PROBLEMS OF MODERN PHYSICS

MATERIALS
of the International Scientific
conference dedicated to the 80th anniversary of
Academician of the NAS RK
Abdildin Meirkhan Mubarakovich
Almaty, Kazakhstan, April 12-15, 2018

Алматы
«Қазақ университеті»
2018

*Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ
Физика-техникалық факультетінің ғылыми кеңесімен
жариялауға ұсынылды*

*Рекомендовано к изданию
Ученым советом физико-технического факультета
КазНУ им. аль-Фараби*

Редакциялық алқа:

Редакционная коллегия:

*Г.М. Мутанов, Т.С. Рамазанов, Т.А. Кожамкулов, А.Е. Давлетов, М.Е. Абишев,
Н.Ж. Такибаев, Н.А. Бейсен, Ф.Б. Белисарова, С.А. Жаугашева, Ж.А. Кальмова, Г. Сайдуллаева,
Б.А. Жами, М. Хасанов, А. Оразымбет, С. Токтарбай (отв. секр.)*

Әбділдин оқулары: Заманауи физиканың көкейкесті мәселелері: Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының академигі Әбділдин Мейірхан Мұбаракұлының 80 жылдығына арналған халықаралық ғылыми конференцияның материалдары. 12-15 сәуір, Алматы қ. / М.Е. Әбішев редакциясымен. - Алматы: Қазақ университеті, 2018. - 274 б.

ISBN 978-601-04-3304-5

Конференцияға қатысушылардың баяндамалар мәтіні, мақалалары мен тезистері келтірілген.

Материалы международной научной конференции, посвященной 80-летию академика НАН РК Абдильдина Мейрхан Мубараковича. Абдильдинские чтения: Актуальные проблемы современной физики. 12-15 апреля, г. Алматы / под ред. М.Е. Абишева. – Алматы: Қазақ университеті, 2018. – 274 с.

Представлены тексты выступлений, тезисы докладов и статьи участников Международной конференции.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2018

ISBN 978-601-04-3304-5

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОЙ СМЕСИ НА КОМПОНЕНТЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДАВЛЕНИЯ

М.С. Молдабекова, С.А.Красиков, М.К. Асембаева, О.В. Федоренко

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Анализ процессов диффузионного смешения газовых смесей позволяет изучить влияние различных условий процесса, как профиль изменения концентраций компонентов по диффузионному каналу, геометрических параметров канала, давления и других измеряемых параметров на характеристики конечных компонентов разделения смеси. Результаты такого анализа дадут возможность решить задачу управления процессом разделения газовой смеси. В исследованиях авторов [1-3] показано, что в многокомпонентных системах за счет разной диффузионной подвижности компонентов образуются стратифицированные по плотности области, которые в поле силы тяжести, при определенных условиях, могут служить причиной возникновения конвекции. В режиме конвективной диффузии могут возникнуть условия связанные с приоритетным переносом самых тяжелых по плотности компонентов смеси [4]. В реальных условиях для природных и попутных газов такой механизм разделения может быть применен для очистки от экологически опасных примесей из тяжелых углеводородов и двуокиси углерода. Решение задач управления процессом разделения газовой смеси может быть выполнено на основе методов моделирования.

Влияние давления на процессы в диффузионном канале разделительного устройства (двухколбового аппарата) по разделению смесей газов было проведено для смеси $0,082 \text{ CO}_2 + 0,918 \text{ N}_2 - \text{N}_2$ в интервале давлений 0,2-1,4 МПа. Результаты экспериментальных исследований приведены на рисунках 1 и 2.

Нумерация точек определяет значение варьируемой величины – давления – и составляет: 1 – 0,18; 2 – 0,25; 3 – 0,37; 4 – 0,49; 5 – 0,60; 6 – 0,70; 7 – 0,74; 8 – 0,88; 9 – 0,98; 10 – 1,14; 11 – 1,23 МПа. Результаты проведенных экспериментов показывают существенное влияние давления в разделительном устройстве при давлениях более 0,6 – 0,8 МПа.

Экспериментальные данные, приведенные на рисунках 1 и 2, свидетельствуют о том, что в исследуемой системе наблюдается неустойчивый диффузионный процесс.

Для условий проведенных экспериментов было осуществлено численное моделирование процессов, протекающих в устройстве разделения. Моделирование производилось с помощью программы Flow Simulations, входящей в пакет Solidworks, для системы $0,082 \text{ CO}_2 + 0,918 \text{ N}_2 - \text{N}_2$ при $p = 0,8$ МПа. Была создана виртуальная модель стенда для изучения процессов диффузионной неустойчивости и подборки оптимальных режимов разделения природных газов. Система уравнений, описывающих процессы в аппарате, решалась методом конечных объемов.

Движение, теплообмен и массообмен моделируются с помощью уравнений Навье – Стокса, описывающих законы сохранения массы, импульса и энергии среды. Кроме этого, используются уравнения состояния компонентов текучей среды и эмпирические зависимости вязкости и теплопроводности компонентов среды температуры. Для моделирования турбулентных течений уравнения Навье – Стокса усредняются по Рейнольдсу, т.е. используется осредненное по малому масштабу времени влияние турбулентности на параметры потока, а крупномасштабные временные изменения осредненных по малому масштабу времени составляющих газодинамических параметров потока учитываются введением соответствующих производных по времени. В результате уравнения имеют дополнительные члены – напряжения по Рейнольдсу, а для замыкания этой системы уравнений используются уравнения переноса кинетической энергии турбулентности и ее диссипации в рамках $k - \xi$ модели турбулентности.

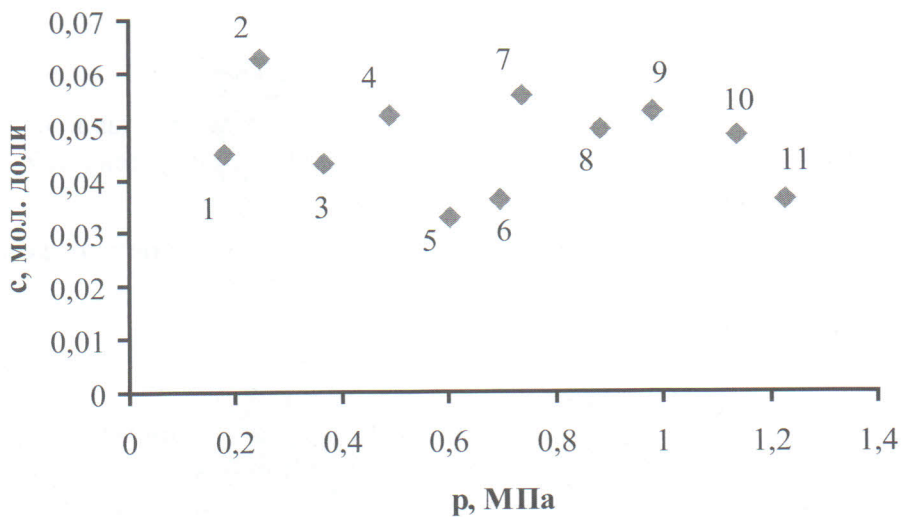


Рисунок 1 – Изменение концентраций CO₂ в зависимости от давления в верхней колбе устройства по разделению газовых смесей

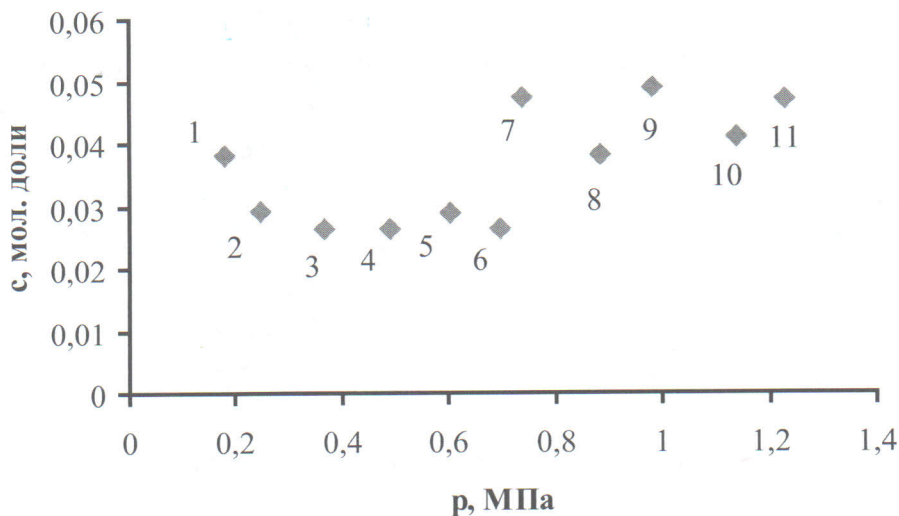


Рисунок 2 – Изменение концентраций CO₂ в зависимости от давления в нижней колбе устройства по разделению газовых смесей

Эта система уравнений сохранения массы, импульса и энергии нестационарного пространственного течения имеет следующий вид [5]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial y}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) + \frac{\partial p}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} (\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + S_i, \quad i = 1, 2, 3 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho H}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i H}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} (u_j (\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + q_i) + \frac{\partial p}{\partial t} - \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \rho \varepsilon + S_i u_i, \quad (3)$$

$$H = h + \frac{u^2}{2}, \quad (4)$$

здесь: t – время, u – скорость текучей среды, ρ – плотность текучей среды, p – давление текучей среды, S_i – внешние массовые силы, действующие на единичную массу текучей среды, в нашем случае $S_i = S_i^{gravity}$, действие гравитации $S_i^{gravity} = -\rho g_i$.

Для ньютоновских жидкостей тензор вязких сдвиговых напряжений определяется как:

$$\tau_{ij} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) + \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij}, \quad (5)$$

где $\mu = \mu_l + \mu_t$, μ_l – коэффициент динамической вязкости, μ_t – коэффициент турбулентной вязкости, δ_{ij} – дельта функция Кронекера ($\delta_{ij} = 1$ при $i = j$; $\delta_{ij} = 0$ при $i \neq j$), k – кинетическая энергия турбулентности. В соответствии с k – ζ моделью турбулентности, μ определяется через величины кинетической энергии турбулентности k и диссипации этой энергии ζ :

$$\mu = f_\mu \frac{c_\mu \rho k^2}{\varepsilon}, \quad (6)$$

Кинетическая энергия турбулентности k и диссипация этой энергии ε определяются из следующих уравнений:

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k k) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left(\left(\mu_l + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_k} \right) + S_k, \quad (7)$$

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left(\left(\mu_l + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_k} \right) + S_\varepsilon. \quad (8)$$

Диффузионный тепловой поток моделируется с помощью уравнения

$$q_k = - \left(\frac{\mu_l}{Pr} + \frac{\mu_t}{\sigma_c} \right) c_p \frac{\partial T}{\partial x_k}, k = 1, 2, 3 \quad (9)$$

где $\sigma_c = 0,9$, Pr – число Прандтля, c_p – удельная теплоемкость при постоянном давлении, T – температура текучей среды.

Для многокомпонентных газовых смесей изменение концентраций компонентов смеси в пространстве вследствие диффузии моделируется следующими уравнениями:

$$\frac{\partial \rho y_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k y_i) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left((D_{ij} + D'_{ij}) \frac{\partial y_i}{\partial x_k} \right), i = 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

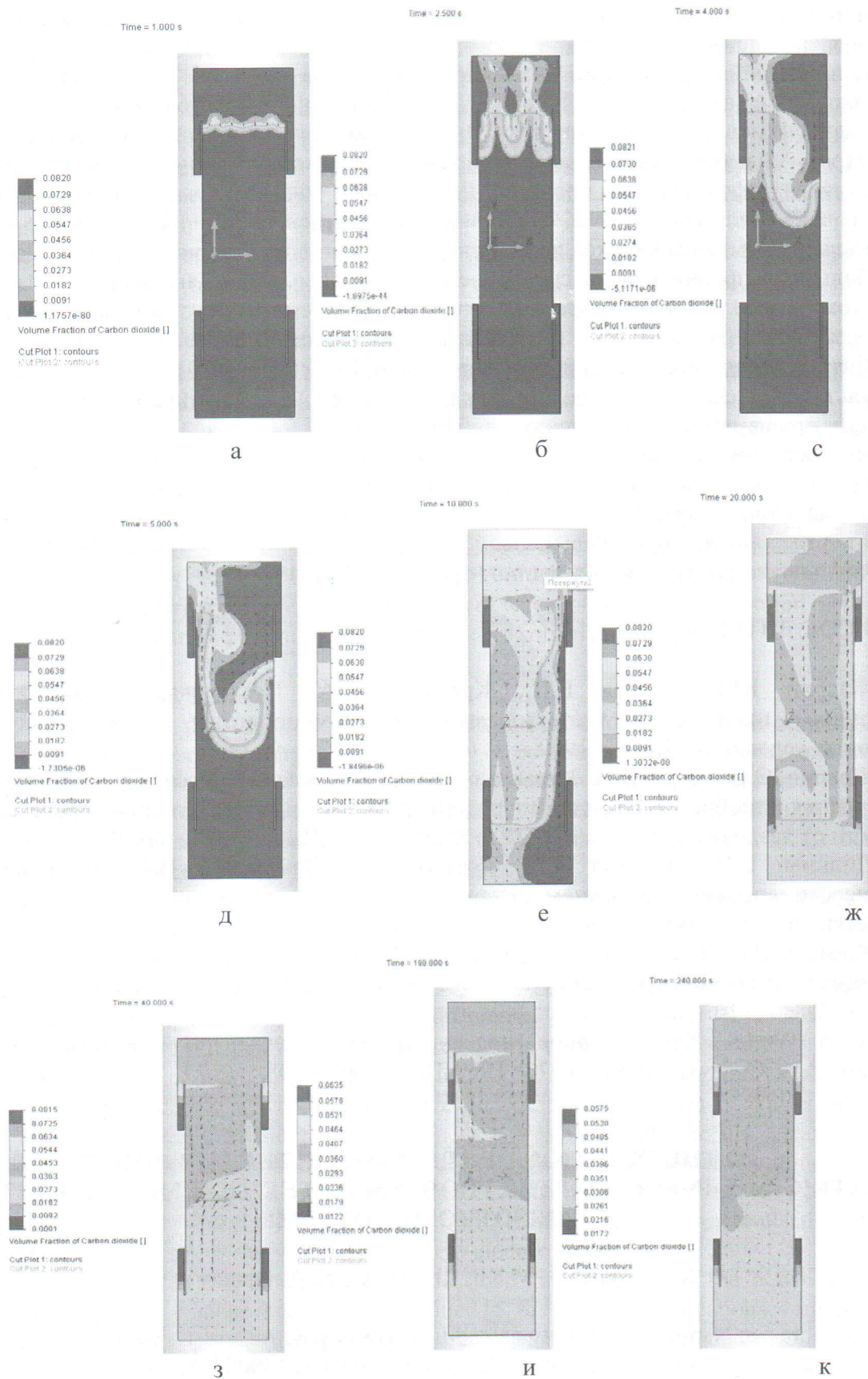


Рисунок 20 – Численное моделирование неустойчивости в диффузионном канале
 Система уравнений (1)-(10), описывающая процессы в диффузионном аппарате,
 решалась методом конечных объемов для созданной виртуальной численной модели

установки при следующих начальных условиях: сверху размещалась смесь $0,082 \text{ CO}_2 + 0,918 \text{ N}_2$, а нижняя часть диффузионного аппарата заполнялась N_2 при $p = 0,8 \text{ МПа}$.

Для проведения численного моделирования была создана виртуальная модель двухколбового аппарата для изучения процессов диффузионной неустойчивости. Результаты моделирования изменения концентрации CO_2 с течением времени приведены на рисунке 3. При $t = 1 \text{ с}$ (рис. 3 а) наблюдается неравномерное изменение концентрации CO_2 , что не типично для устойчивого диффузионного процесса. Дальнейшая динамика изменения концентрации углекислого газа свидетельствует об образовании конвективных течений. Сравнение данных по распределению смешивающихся компонентов по длине диффузионного канала показало, что наибольшей проникающей способностью обладает CO_2 , являющийся тяжелым компонентом смеси. Таким образом, при моделируемом неустойчивом смешении наблюдается факт аномального разделения компонентов смеси, что подтверждает экспериментальные данные, приведенные на рисунках 1 и 2.

Результаты численного моделирования, в целом, соответствуют данным, ранее полученным, при измерениях на теневом приборе.

Таким образом, проведенные исследования показали, что давление эффективно воздействует на проникающую способность тяжелого компонента, что является сущностью эффекта аномальной сепарации компонентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (проект № AP05132427).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А. Исследование неустойчивого диффузионного процесса в изотермических трехкомпонентных газовых смесях в стационарных условиях // ЖТФ. – 1999. – Т. 69, Вып. 7. – С. 5-9.

2 Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Кульжанов Д.У., Каратаева К.К. Исследование различных типов смешения в тройной газовой смеси, содержащей компонент с реальными свойствами, в зависимости от давления // Письма в ЖТФ. – 2000. – Т. 26, Вып. 24. – С. 76-79.

3 Дильман В.В., Липатов Д.А., Лотхов В.А., Каминский В.А. Возникновение неустойчивости при нестационарном испарении бинарных растворов в инертный газ // Теоретические основы химической технологии. – 2005. – Т. 39, № 3. – С. 600-606.

4 Косов В.Н., Селезнев В.Д., Жаврин Ю.И. Эффект разделения компонентов при изотермическом смешении тройных газовых систем в условиях свободной конвекции // ЖТФ. – 1997. – Т. 67, Вып. 10. – С. 139-140.

5 Solid Works. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин и др. – СПб.: ВХВ-Петербург, 2008.

TO THE QUESTION OF APPLYING OF THE METHOD OF THE MATRICIANT IN SOLVING THE PROBLEM OF THE THERMOELASTICITY IN ANISOTROPIC MEDIUMS

S. K. Tleukenov¹, M.Kh. Khamitov², N. A. Ispulov²

¹Eurasian National University named L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar 140008, Kazakhstan

Keywords: Anisotropic medium, thermoelasticity, Fourier heat equation, relation of Duhamel-Neumann, the equation of heat inflow, harmonic waves, dispersion, periodic structure, matriciant

1. Introduction

**НАНОТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ФИЗИКА
КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЗИКА**

Дмитриева Н.Д., Ведь М.В., Ермоленко И.Ю., Лунарска Э., Яр-Мухамедова Г.Ш., Атчибаев Р.А. Нанокomпозиционные электролитические покрытия с улучшенными антикоррозионными свойствами	148
Сахненко Н.Д., Ведь М.В., Ермоленко И.Ю., Лунарска Э., Яр-Мухамедова Г.Ш., Атчибаев Р.А. Испытания защитных свойств покрытий 'metallspray' в аминных средах перерабатывающего завода 'тенгиз'	153
Ю.С. Громовой, С..В. Пляцко, Л.В. Рашковецкий, С. Кадышев, З.И. Захарук, И.М. Раренко. Трансформация физических свойств монокристаллов CdTe:Mn под действием лазерного ИК - излучения	158
Ташкеева Г.К., Абдисадыков К.Н., Жорахан Ж.А. Қоспамен модификацияланған аморфты с-н қабықшаларының қасиеттері	164
Кудусов А.С., Сельдюгаев О.Б. Механизмы переноса избыточных носителей заряда в полиэтилене	167
Халым Рахмет, Андасбаев Е.С. Теоретические исследования характеристик параметров электрической сети	170
Кумекон С.Е., Саитова Н.К. Спектры фотолюминесценции углеродсодержащих наноструктурных объектов	174
Грушевская Е.А., Дмитриева Е.А., Лебедев И.А., Рябикин Ю.А., Темиралиев А.Т., Федосимова А.И. Способ увеличения отношения сигнал/шум	177
Е.А. Дмитриева, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, И.А. Лебедев, Е.А. Грушевская. Влияние изотермического отжига на оптические и электрические свойства тонких пленок SnO ₂ легированных фтором	183
А. И. Купчишин, М. Н. Ниязов, Б. Г. Таипова. Влияние электронного и гамма-облучения на парциальную плотность активного ила	189
О.В Есырев, Н.А. Ибрагимова, А.И. Купчишин, Н.Н. Ходарина. Тяжелые металлы в организме рыбы озера Сорбулак	192
А.И. Купчишин, М.Н. Ниязов, Б.Г. Таипова, А.Т. Абдухаирова, Н.А. Воронова. Влияние электронного облучения на деформацию оргстекла при изгибе	194
А.И. Купчишин, Б.А. Тронин, К. Шаханов, А.В. Грызлов. Проведение технических и экспериментальных работ на ускорителе электронов типа ЭЛУ-6 КазНПУ им. Абая	198
Н.А. Воронова, А.И. Купчишин, В.И. Кирдяшкин, А.А. Купчишин. Обобщенная каскадно-вероятностная функция и уравнение Больцмана	200
А.Т. Абдухаирова, Н.А. Воронова, А.И. Купчишин, М.Н. Ниязов, В.И. Кирдяшкин. Влияние температуры, механического воздействия и электронного облучения на механические свойства линейных полимеров	204
ФИЗИКА ПЛАЗМЫ, ФИЗИКА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ, ТЕПЛОФИЗИКА И КОМПЬЮТЕРНАЯ ФИЗИКА	
Абдирахманов А.Р., Досболаев М.К., Рамазанов Т.С. Разрушение плазменно-пылевых структур в магнитном поле	208
Davletov A.E., Yerimbetova L.T. Self-consistent caloric equation of state for dust particles of finite sizes	212
Жукешов А.М., Усеинов Б.М., Амренова А.У., Габдуллина А.Т., Молдабеков Ж.М. Определение параметров плазмы на установке «плазменный фокус»	214

Жукешов А.М., Габдуллина А.Т., Амренова А.У., Мухамедрыскызы М., Фермахан К., Молдабеков Ж.М., Серик К., Кадыр Е. Технология модификации материалов дуговой плазмой и проблемы автоматизации вакуумной системы	219
Райымханов Ж., Досболаев М.Қ., Тажен А.Б., Утегенов А.У., Рамазанов Т.С. Осаждение углеродных наночастиц на поверхности металлов в импульсном плазменном потоке	224
Болегенова С.А., Туякбаев А.А., Муканова А.М. Электронная система для бесконтактного измерения температуры обмоток статора турбогенераторов большой мощности	226
Косов В.Н., Жаврин Ю.И., Федоренко О.В., Мукамеденкызы В. Возникновение конвективных колебательных возмущений при диффузии газа и бинарной смеси с различными молекулярными массами компонентов в вертикальных каналах	229
Молдабекова М.С., Красиков С.А., Асембаева М.К., Федоренко О.В. Моделирование разделения газовой смеси на компоненты в зависимости от давления	234
Tleukenov S. K., Khamitov M.Kh., Ispulov N.A. To the question of applying of the method of the matriciant in solving the problem of the thermoelasticity in anisotropic mediums	238
Шаймерденова К.М., Ахмадиев Б.А., Наушарбан Ж. К., Секербаетова Г.К. Тік орналасқан жылуалмастырғыштардағы жылу алмасу үрдістерін зерттеу	243
Бижігітов Т., Сембиева А. II - ші мұз түрінің 300 мпа, 500 мпа, 750 мпа қысымдардағы жылулық көлемдік ұлғаю коэффициентінің температураға тәуелділігі	247
МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА, ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА И БИОФИЗИКА	
Кусаинов А.С. Исследовательский программный комплекс для компьютерной томографии и маммографии	251
Тулеуханов С.Т., Аблайханова Н.Т. Анализ хроноструктурных параметров суточной динамики оптических свойств биообъектов в норме и при стрессе	252
А.И. Купчишин, Б.А. Тронин, К. Шаханов. Изучение распределений по глубине интенсивности пучка электронов в теле обрабатываемой медицинской продукции	258
Тлеукунов С.К., Жукенов М.К. Энергетические коэффициенты отражения и преломления электромагнитных волн на границе изотропной среды и анизотропной среды с магнитоэлектрическим эффектом	262