

ISSN 1991-346X

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**

4 (308)

ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2016 ж.

ИЮЛЬ – АВГУСТ 2016 г.

JULY – AUGUST 2016

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

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчечков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

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, 2016

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

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

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, 2016

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 3, Number 307 (2016), 86 – 90

УДК 517.958:532.546

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПАЛЬЦЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ ДВУХ НЕ СМЕШИВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ В КАНАЛЕ

А.А. Кудайкулов^{1*}, К. Жозеранд², А. Калтаев¹

¹Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, ²Sorbonne Universit'es, Institut D'Alembert, CNRS and UPMC UMR 7190, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

Ключевые слова: течение двух несмешивающихся жидкостей, контактная линия, контактный угол, капиллярное число, пальцеобразование, граничное условие проскальзывания, метод объема жидкости.

Аннотация. В данной работе численно исследован процесс пальцеобразования при течении двух несмешивающихся жидкостей в канале, а именно исследована связь между шириной пальцеобразования и капиллярным числом и результаты сравнены с работой [6]. Также в данной работе исследованы процессы перехода из ручейного вида в клиновидный вид пальцеобразования для различных значений коэффициента поверхностного натяжения. Все численные расчеты проводились с помощью программы Gerris [7].

UDC 517.958:532.546

NUMERICAL INVESTIGATION OF FINGERING PATTERN FORMATION DURING THE FLOW OF TWO IMMISCIBLE FLUIDS IN A CHANNEL

A.A. Kudaikulov^{1*}, C. Josserand², A. Kaltayev¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, ²Sorbonne Universit'es, Institut D'Alembert, CNRS and UPMC UMR 7190, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

*e-mail: aziz.kudaikulov@gmail.com

Keywords: flow of two immiscible fluids, contact line, contact angle, capillary number, fingering pattern, slip boundary condition, volume-of-fluid (VOF) method.

Abstract. In this paper we numerically investigated the fingering pattern formation in the unstable interface between two immiscible fluids during the flow in the channel. The relation between finger width and capillary number is investigated in this paper, and compared with work [6]. Also in this work the transition from rivulet-type finger to wedge-shaped finger is investigated for different values of surface tension. All numerical calculations are performed using Gerris program [7].

Introduction. Two immiscible fluids flow can be found in many different situations; some cases in which it plays a central role are the spreading of adhesives, the flowing of lubricants into inaccessible locations, the coating of solid surfaces with a thin uniform layer of liquid, the displacement of oil by water through a porous medium, etc. One of the phenomena which occurs in the two immiscible fluids flow is the fingering pattern formation in the interface between fluids. This phenomenon can be observed in the pressure-driven flow of two immiscible fluids in a channel (see fig. 1). The experiment [1] shows that even if the interface between fluids is initially straight, it quickly deforms, resulting in the formation of finger-like structures. The instability leading to this pattern is referred to as fingering instability. Two

types of fingering shape can be observed in the experiment: wedge-shaped finger and rivulet-type finger (see fig. 1). Formation of fingering pattern can result in poor quality of coating or reducing oil production by water displacement in porous medium, so investigation of fingering instability is important for practical applications. There are exist many quantitative models of this phenomenon and one of the most popular is the thin-film flow down an inclined plane [6]. In this model the linear stability analysis is employed for lubrication-type equations to describe evolution of small perturbations in the interface between two immiscible fluids and this model can't be used for large deformation of the interface. Nevertheless, this model can estimate the finger width of rivulet-type finger (see fig. 1). The finger width depends on the capillary number:

$$h_{\text{layer}} = h - h_{\text{finger}} \sim Ca^{-\frac{1}{3}}, \quad (1)$$

where Ca is the capillary number. It's the ratio between viscous force and surface tension force:

$$Ca = \frac{\mu U_{CL}}{\sigma}, \quad (2)$$

where U_{CL} is the contact line velocity. In this paper we numerically investigated the fingering pattern formation in the unstable interface between two immiscible fluids for flow in the channel. The relation between finger width and capillary number is investigated in this paper, and compared with (1). Also in this work the transition from rivulet-type finger to wedge-shaped finger is investigated for different values of surface tension, and showed that the rivulet-type finger occurs only when [5]:

$$C = Ca^{-\frac{1}{3}} \text{tg} \theta > 1. \quad (3)$$

All numerical calculations are performed using Gerris program [7].

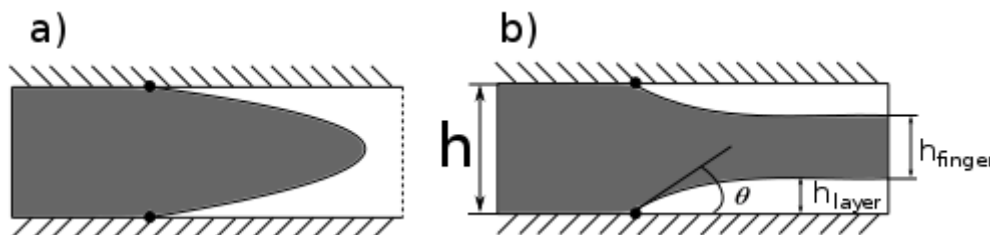


Fig. 1 – Fingering patterns in the interface between two immiscible fluids: a) wedge-shaped finger, b) rivulet-type finger.

Formulation of the problem. We numerically solved the Navier-Stokes equations for incompressible, two immiscible, viscous fluids flow in 2D channel:

$$\frac{\partial \rho \vec{u}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{u} \vec{u}) = -\nabla p + \nabla \cdot (2\mu E), \quad (4)$$

$$E = \frac{1}{2} (\nabla \vec{u} + \nabla \vec{u}^T), \quad (5)$$

$$\nabla \cdot \vec{u} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{u}) = 0, \quad (7)$$

$$\rho = F \rho_1 + (1 - F) \rho_2, \quad (8)$$

$$\mu = F \mu_1 + (1 - F) \mu_2, \quad (9)$$

where F is the parameter that identify a given fluid i ($i=1$ or 2) is present at a particular location x :

$$F = \begin{cases} 1, & \text{if } x \text{ is in fluid } i \\ 0, & \text{if } x \text{ is not in fluid } i \end{cases} \quad (10)$$

If we substitute the equation (6) into the equation (5), we have that:

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla F = 0. \quad (11)$$

In order to find the shape and location of the interface between the two fluids, we use the volume-of-fluid method [3] and advect this interface using equation (11). Equations (4, 6 and 11) are numerically solved using the projection method on non-staggered grid [4] and the following boundary conditions were used (see fig. 1):

1) Inlet boundary condition:

$$\frac{\partial u_{in}}{\partial x} = 0, \quad (12)$$

$$v_{in} = 0, \quad (13)$$

$$p_{in} = 1. \quad (14)$$

2) At the walls of the channel:

$$u_w = \lambda \frac{\partial u}{\partial n}, \quad (15)$$

$$v_w = 0, \quad (16)$$

$$\frac{\partial p_w}{\partial y} = 0, \quad (17)$$

where λ is the slip length and \vec{n} is the normal vector to the wall. Here we used the Navier slip boundary condition instead of no-slip boundary condition to avoid viscous stress singularity at the contact line [2].

3) At the interface between two fluids – S:

$$[\vec{u}]_S = 0, \quad (18)$$

$$-[-p + 2\mu\vec{n} \cdot E \cdot \vec{n}]_S = \sigma k, \quad (19)$$

$$k = -\nabla \cdot \vec{n}, \quad (20)$$

$$-[2\mu\vec{t} \cdot E \cdot \vec{n}]_S = \vec{t} \cdot \nabla_S \sigma, \quad (21)$$

where σ is the surface tension, k is the curvature of the interface - S , \vec{n} is the normal to the interface - S , and \vec{t} is the tangent vector to the interface - S .

4) Outlet boundary condition:

$$\frac{\partial u_{out}}{\partial x} = 0, \quad (22)$$

$$v_{out} = 0, \quad (23)$$

$$p_{out} = 0. \quad (24)$$

Results. The steady state solution of the equations (4, 6) with boundary conditions at the walls of the channel (15 - 17) and with boundary conditions at the interface between the two fluids (18 - 21) can be obtained by neglecting the viscous force on the interface between the two fluids (21):

$$u = \frac{p_{in} - p_{out} - p_c}{\mu L} \left(\frac{h^2 - y^2}{2} + \lambda h \right), \quad (25)$$

where p_c is the capillary pressure. The value of capillary pressure can be obtained from Young-Laplace equation and for 2D case (see fig. 1):

$$p_c = \frac{\sigma \cos \theta}{h}. \tag{26}$$

The average value of (25):

$$\bar{u} = \frac{p_0 - p - p_c}{\mu L} \left(\frac{h^2}{3} + \lambda h \right). \tag{27}$$

In this work we numerically validated the relation (1) for rivulet-type finger. To validate this relation, we consider two cases: in the first case, the pressure difference between the ends of the channel is constant, but the surface tension of the interface between two immiscible fluids is changed, and in the second case, the surface tension is constant, but the pressure difference is changed. In the first case, the velocity along the center line of the channel is linear depends on the surface tension (25, 26). Since the contact angle - θ (see fig. 1) depends on the capillary number [2]:

$$\theta \sim Ca^{\frac{1}{3}}, \tag{28}$$

therefore the contact angle - θ almost doesn't change. As shown in fig. 2, the contact line velocity almost doesn't change too. In the second case, the velocity along the center line of the channel is linear depends on the pressure difference between the ends of the channel (25), and as shown in fig. 3, the contact line velocity also linear depends on the pressure difference between the ends of the channel. In fig. 4 is shown the relation between the finger width and the capillary number, and this relation is almost matched with the relation (1). Also in this work the transition from rivulet-type finger to wedge-shaped finger is investigated for different values of surface tension. For surface tension $\sigma = 1$, the value $C = 2,84$ (3), and for $\sigma = 2$, the value $C = 1,59$. The relation between finger width and contact angle is shown in the fig. 5.

Conclusion. In this paper is numerically investigated the fingering pattern formation in the unstable interface between two immiscible fluids during the flow in the channel. The relation between finger width and capillary number is investigated in this paper, and this relation is reasonably good matched with [6]. Also in this work the transition from rivulet-type finger to wedge-shaped finger is investigated for different values of surface tension, and is showed that this transition occurs only for $C > 1$ [5].

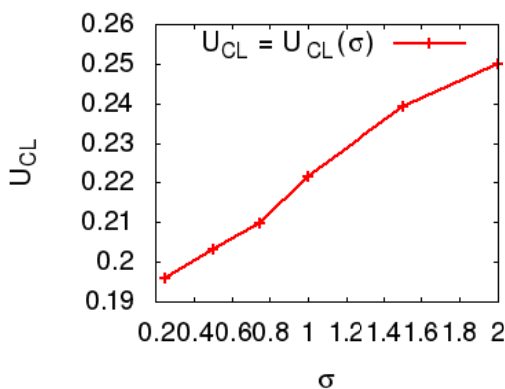


Fig. 2 – The relation between contact line velocity and surface tension

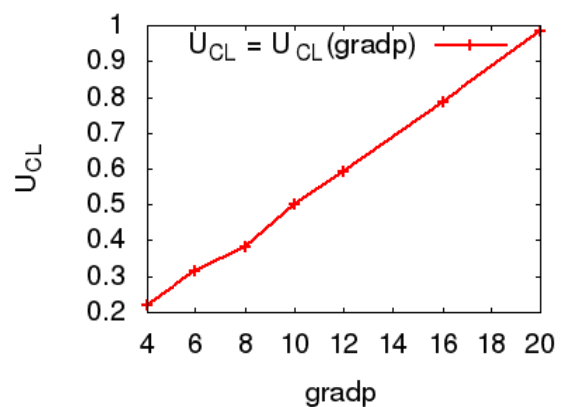


Fig. 3 – The relation between contact line velocity and pressure difference

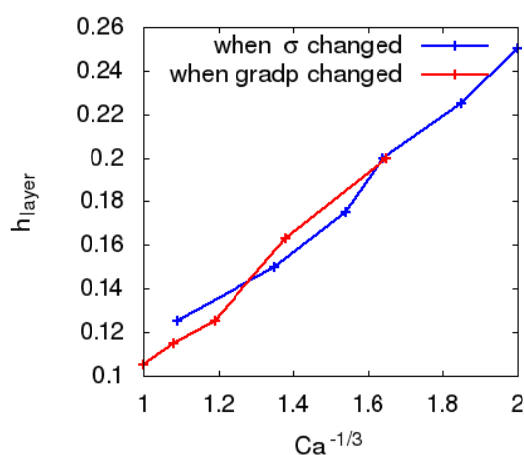


Fig. 4 – The relation between finger width and capillary number

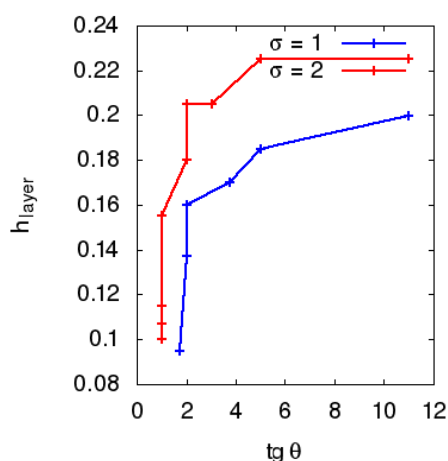


Fig. 5 – The relation between finger width and contact angle

REFERENCES

- [1] Huppert H. Flow and instability of a viscous current down a slope // Nature. – 1982. – Vol. 300. – P. 427 – 429.
- [2] Greenspan H.P. On the motion of a small viscous droplet that wets a surface // J. Fluid Mech. – 1978. – Vol. 84. – P. 125 – 143.
- [3] Tryggvason G., Scardovelli R. and Zaleski S. Direct Numerical Simulations of Gas-Liquid Multiphase Flows // Cambridge University Press, 2011.
- [4] Brown D.L., Cortez R. and Minion M.L. Accurate projection methods for the incompressible Navier-Stokes equations // J. Comput. Phys. – 2001. – Vol. 168. – P. 464 – 499.
- [5] Moyle D.T., Chen M.-S., Homsy G.M. Nonlinear rivulet dynamics during unstable wetting flows // Int. J. Multiphase Flow. – 1999. – Vol. 25. – P. 1243 – 1262.
- [6] Spaid M.A., Homsy G.M. Stability of Newtonian and viscoelastic dynamic contact lines // Phys. Fluids. – 1996. – Vol. 8. – P. 460 – 478.
- [7] Popinet S. The Gerris Flow Solver: <http://gfs.sourceforge.net>.

ҚАНАЛДАҒЫ ЕКІ АРАЛАСПАЙТЫН СҮЙЫҚТАРДЫҢ АҒЫСТА САУСАҚ ТӘРІЗДІ АҒЫС ФОРМАСЫНЫҢ ПАЙДА БОЛУ ПРОЦЕСІНІҢ САНДЫҚ ЗЕРТТЕУІ

А.А. Кудайкулов^{1*}, К. Жозеранд², А. Калтаев¹

¹әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан, ²Sorbonne Universit'es, Institut D'Alembert, CNRS and UPMC UMR 7190, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

Түйін сөздер: екі араласпайтын сұйықтардың ағыны, түйіскен сызық, түйіскен бұрыш, капиллярлық сан, саусақ тәрізді ағыс формасының пайда болуы, сырғанақ шекаралық шарт, сұйық көлем әдісі.

Аннотация. Осы жұмыста каналдағы екі араласпайтын сұйықтардың ағыста саусақ тәрізді ағыс формасының пайда болуы сандық зерттелген, атап айтқанда саусақ формасының ені мен капиллярлық сан арасындағы байланыс зерттелінген, және алынған нәтижелер басқа жұмыстармен салыстырылған [6]. Барлық есептеулер Gerris бағдарламасы арқылы жасалған [7].

Поступила 17.06.2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Процессы в околоземном космическом пространстве

<i>Яковец А.Ф., Гордиенко Г.И., Жумабаев Б.Т., Литвинов Ю.Г., Абдрахманов Н.</i> Статистика ночных увеличений электронной концентрации в максимуме F2-слоя.....	5
<i>Сомсиков В.М.</i> О природе бифуркации динамических систем.....	11
<i>Жантаев Ж.Ш., Грищенко В.Ф., Мукушев А.</i> Схемотехническое моделирование защиты электронной аппаратуры от электростатического разряда.....	15
<i>Антонова В.П., Крюков С.В., Луценко В.Ю., Чубенко А.П.</i> Эффекты землетрясений в интенсивности нейтронов тепловых энергий на высокогорной станции Северного Тянь-Шаня.....	20
<i>Салихов Н.М.</i> Новый метод регистрации динамики вспышек ионизации в ионосфере аппаратно-программным комплексом доплеровских измерений на наклонной радиотрассе.....	27

Наземно-космические методы исследования геодинамических процессов в земной коре

<i>Вилев А.В., Жантаев Ж.Ш., Стихарный А.П.</i> Динамика сезонных движений GPS станций на территории Северного Тянь-Шаня.....	34
<i>Хачикян Г.Я., Жумабаев Б.Т., Тойшиев Н.С., Калдыбаев А., Нуракунов С.</i> Вариации солнечной активности и пространственно-временное распределение сильных землетрясений ($M \geq 7.0$) на территории Евразии в 1973-2014 гг.....	40
<i>Бибосинов А.Ж., Шигаев Д.Т., Калдыбаев А.А., Нуракунов С.М., Бреусов Н.Г., Мамырбек Г.Б.</i> Исследование Шардаринского гидрокомплекса методом георадиолокации.....	46
<i>Бибосинов А.Ж., Нуракунов С.М., Калдыбаев А.А., Шигаев Д.Т.</i> Эффективность применения георадиолокационного метода при изучении инженерно-геологических условий на участках Алматинского метрополитена приповерхностного залегания.....	50
<i>Шигаев Д.Т., Мунсызбай Т.М.</i> Маломощная солнечная теплоэлектростанция с максимальным использованием энергии Солнца.....	56
<i>Жантаев Ж.Ш., Хачикян Г.Я., Кайраткызы Д., Андреев А.</i> Долговременные тренды в вариациях продолжительности земных суток и частоты возникновения на планете землетрясений.....	62
<i>Хачикян Г.Я., Жумабаев Б.Т., Сералиев А., Хасанов Э.</i> Пространственное распределение характеристик главного геомагнитного поля и эпицентров глубокофокусных ($h > 350$ км) землетрясений по данным 1973-2014 гг.....	67

<i>Исанова М.К., Коданова С.К., Рамазанов Т.С., Бастыкова Н.Х., Габдуллин М.Т., Молдабеков Ж.А.</i> Сечение рассеяния и тормозная способность в плотной плазме: влияние эффектов дифракции и динамического экранирования.....	73
<i>Кудайкулов А.А., Жозеранд К., Калтаев А.</i> Численное исследование процесса пальцеобразования при течении двух не смешивающихся жидкостей в канале.....	86
<i>Ахметов Б.С., Корченко А.А., Жумангалиева Н.К.</i> Модель решающих правил для обнаружения аномалий в информационных системах.....	91
<i>Бапаев К.Б., Сламжанова С.С., Исаева Г.Б.</i> О дискретных неравенствах.....	101
<i>Боос Э.Г., Альменова А.М., Жуков В.В., Садыков Т.Х., Степанов А., Таутаев Е.М.</i> Исследование взаимодействий частиц космического излучения методом радиоизлучения на высоте 3340 метров над уровнем моря.....	110
<i>Джакупов К.Б.</i> О моделировании динамики вязкой жидкости уравнениями ротора скорости и функции тока.....	117
<i>Джакупов К.Б.</i> Эффективное применение уравнений максвелла и закона ома в численном моделировании двухфазных процессов магнитной гидродинамики.....	124
<i>Исадыков А.Н., Иванов М.А., Сахиев С.К., Жаугашиева С.А., Нурбакова Г.С., Мукушев Б.А.</i> Вычисление ширины распада $\omega(782)$ мезона для реакции $\omega \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ в ковариантной модели кварков.....	135
<i>Калмурзаев Б.С.</i> О полурешетках роджерса двухэлементных семейств разностей в. п. множеств.....	141
<i>Кошеров Т.С., Жумабекова Г.Е.</i> Исследование структуры и фазового состава поверхности кремния при температурном и лазерном воздействии.....	147
<i>Кошеров Т.С., Көшикбай Б.Қ.</i> Особенности напряженного состояния пластин кремния в процессе термического отжига.....	156
<i>Курманбаев Д.М.</i> Солитонная деформация поверхности энепера третьего порядка.....	163
<i>Майлебаева Д., Тилегенова Д.</i> Метод параметризации при решении трансцендентных уравнений.....	168
<i>Мамаев Ш.М., Даниярбек Р.Н.</i> Ұзындығы шектелген стержеңде пластикалық облыстың және кернеуді жеңілдету толқындарының құрылуын торлық-характеристика әдісімен зерттеу.....	173
<i>Оңгарбаева А.Д.</i> Электрондық білім беру ресурстарын оқу процесінде болашақ мұғалімдерді оқытуда қолдану.....	184
<i>Сүйменбаев Б.Т., Алексеева Л.А., Сүйменбаева Ж.Б., Гусейнов С.Р.</i> Моделирование динамики космического аппарата в гравимагнитном поле земли в системе «MATLAB SIMULINK».....	188
<i>Туленбаев К.М., Шаймарданова Ж.Н., Габдуллин Б.</i> Структурные свойства (α, β) – коммутативных алгебр.....	208
<i>Сарсенгельдин М.М., Касабек С., Сагидолла Б.М.</i> Точное и приближенное решения двухфазовой обратной задачи Стефана.....	214