

### Библиографический список

1. Iorio C.S., Goncharova O.N., Kabov O.A. Study of evaporative convection in an open cavity under shear stress flow // *Microgravity Sci. Technol.* – 2009. – № 21(1). – P. 313–320.
2. Iorio C.S., Goncharova O.N., Kabov O.A. Influence of boundaries on shear-driven flow of liquids in open cavities // *Microgravity Sci. Technol.* – 2011. – №23(4). – P. 373–379.
3. Goncharova O., Kabov O. Numerical modeling of the tangential stress effects on convective fluid flows in an open cavity // *Microgravity Sci. Technol.* – 2009. – № 21 (1). – P. 119–128.
4. Goncharova O.N., Kabov O.A. Numerical investigation of the tangential stress effects on a fluid flow structure in a partially open cavity // *Journal of Engineering Thermophysics.* – 2013. – № 22 (3). – P. 216–225.
5. Андреев В.К., Гапоненко Ю.В., Гончарова О.Н., Пухначёв В.В. *Современные математические модели конвекции.* – М.: Физматлит, 2008. – 368 с.
5. Пухначёв В.В. *Движение вязкой жидкости со свободными границами.* – Новосибирск: НГУ, 1989, 96 с.

УДК 532.517

## Моделирование двухслойных течений жидкости и газа по наклонной подложке: построение точных решений

*О.Н. Гончарова, Г.Э. Чубарова*

*АлтГУ, г. Барнаул*

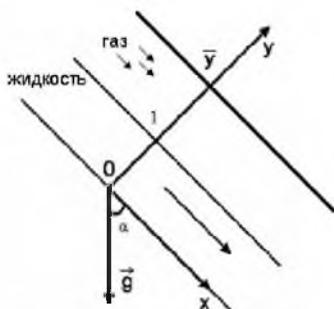


Рис. 1. Схема двухслойного течения

Изучаются конвективные процессы, протекающие в жидкости под воздействием спутного потока газа [1-4]. Проводятся новые физические эксперименты [3, 4] для изучения особенностей двухслойных конвективных течений жидкостей с термокапиллярными границами раздела. В данной работе изучаются двухслойные течения жидкости и газа в канале с твердыми непроницаемыми границами в стационарном случае (см. рис. 1). Конвективные движения жидкости в поле силы тяжести  $\vec{g}$

описываются системой уравнений Обербека-Буссинеска [5]. Для описания изотермических движений вязкого газа примем систему уравнений Навье-Стокса вязкой несжимаемой жидкости.

На твердых границах канала предполагаются выполненными условия прилипания. На свободной, термокапиллярной границе раздела выполняются кинематическое и динамические условия, а также условие непрерывности скорости. При этом задача решается либо в полной постановке при условии заданного расхода газа, либо в предположении о недеформируемости свободной границы. В последнем случае условие замкнутости потока в жидкости принимается в качестве дополнительного условия для замыкания постановки задачи. Целью является построение точного решения системы дифференциальных уравнений, описывающих движение жидкости и сопутствующего потока газа, выявление характерных особенностей взаимодействия различных механизмов конвекции (гравитационного и термокапиллярного) при различных значениях угла наклона подложки  $\alpha$ , расхода газа  $Q$ . (см. также [6]). Моделируется различный тепловой режим. В случае постоянного продольного градиента температуры точное решение стационарной задачи является обобщением известного решения Бириха задачи конвекции жидкости в горизонтальном слое со свободной, недеформируемой границей [7] (см. также [8–10]).

Построены точные решения рассматриваемой задачи о двухслой-

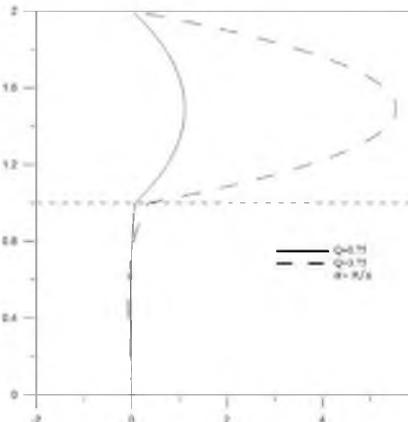


Рис. 2. Профили скорости жидкости и газа для различных значений расхода  $Q$

ных течениях жидкости и газа по наклонной подложке. Получены аналитические выражения для скорости жидкости и газа, температуры жидкости и давления в жидкости и газе. Проведено моделирование влияния различных параметров, характеризующих свойства жидкой и газовой среды, на динамику течения и теплообмен в жидкости. Для того, чтобы модельная задача соответствовала физическому эксперименту [4], интенсивность потока газа характеризуется величиной приведенного (удельного) объемного расхода газа  $Q$ . Для системы жидкость-газ типа этанол-азот приве-

дены профили скоростей в случае различных значений расхода газа  $Q$  (рис. 2).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-08-00163).

### **Библиографический список**

1. Гончарова О.Н. Конвективные движения жидкостей под действием сопутствующих потоков газа: математическое моделирование, численные исследования // Омский научный вестник. – 2013. – № 1(117). – С. 19–25.
2. Гончарова О.Н. Моделирование течений в условиях тепло- и массопереноса на границе // Известия АлтГУ. – 2012. – №73 (1/2). – С. 12–18.
3. Iorio C.S., Goncharova O.N., Kabov O.A. Study of evaporative convection in an open cavity under shear stress flow // Microgravity Sci. Technol. – 2009. – №21(1). – P. 313–320.
4. Люлин Ю.В., Кабов О.А. Измерение массовой скорости испарения в горизонтальном слое жидкости частично открытом в движущейся газ // Письма в ЖТФ. – 2013. – Том. 39, № 7. – С. 88–94.
5. Андреев В.К., Гапоненко Ю.В., Гончарова О.Н., Пухначёв В.В. Современные математические модели конвекции. – М.: Физматлит, 2008. – 368 с.
6. Гончарова О.Н., Южкова Ю.Е. Моделирование конвективного течения в наклонном слое с движущимися границами // Известия АлтГУ. – 2010. – № 1(65). С. 22–29.
7. Бирих Р.В. О термокапиллярной конвекции в горизонтальном слое жидкости // ПМТФ. – 1966. – №3. – С. 69–72.
8. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. – М.: Физматгиз, 1959. – 700 с.
9. Остроумов Г.А. Свободная конвекция в условиях внутренней задачи. – Москва-Ленинград: Гостехиздат, 1952. – 256 с.
10. Napolitano L.G. Plane Marangoni-Poiseuille flow of two immiscible fluids // Acta Astronautica. – 1980. – №2. – P. 461–478.