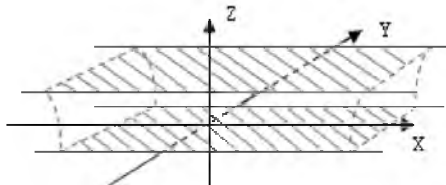


Деформация вязкого слоя со свободными границами при наличии дополнительных касательных напряжений

О.Н. Гончарова, О.А. Кондратенко
АлтГУ, г. Барнаул

В данной работе исследуется трехмерная нестационарная задача о течении бесконечного слоя несжимаемой, вязкой, теплопроводной жидкости со свободными границами (см. рис. 1) в условиях невесомости. Свободные границы подвержены действию дополнительных касательных напряжений со стороны внешней газовой среды, согласованных с изменяющимся во времени градиентом температуры. Для изучения термокапиллярной конвекции в слое используются уравнения Навье-Стокса и переноса тепла. Задача сводится к нахождению положения свободных границ $z = Z(t)$, $z = -Z(t)$, поля скоростей (u, v, w) , давления p и температуры T , удовлетворяющих также кинематическому и динамическому условиям на свободных границах [1-3].

Движение возникает из заданного начального состояния, определяющего динамику слоя и распределение температуры в нем. На границе жидкость-газ считается заданной температура и касательное напряжение. Дополнительные



касательные напряжения, создаваемые на границах слоя внешней средой, должны быть согласованы с граничными условиями для температуры, как того требуют динамические условия.

Рис. 1. Слой жидкости

Целью работы является построение точных решений уравнений, описывающих движение жидкости в слое и распределение температуры в нем, а также моделирование растекания и разбухания бесконечного слоя теплопроводной жидкости. Построены точные решения следующего вида:

$$Z(t) = \frac{Z_0}{(1 + \phi_0 t)(1 + \varphi_0 t)}, \quad u(x, y, z, t) = \frac{\varphi_0}{1 + \varphi_0 t} x$$

$$v(x, y, z, t) = \frac{\phi_0}{1 + \phi_0 t} y, \quad w(x, y, z, t) = -\left(\frac{\varphi_0}{1 + \varphi_0 t} + \frac{\phi_0}{1 + \phi_0 t} \right) z$$

$$T = \frac{A_0 x}{1 + \varphi_0 t} + \frac{B_0 y}{1 + \phi_0 t} + C_0 z(1 + \varphi_0 t)(1 + \phi_0 t)$$

Давление жидкости определяется с помощью уравнений Навье-Стокса и одного из динамических условий на свободной границе.

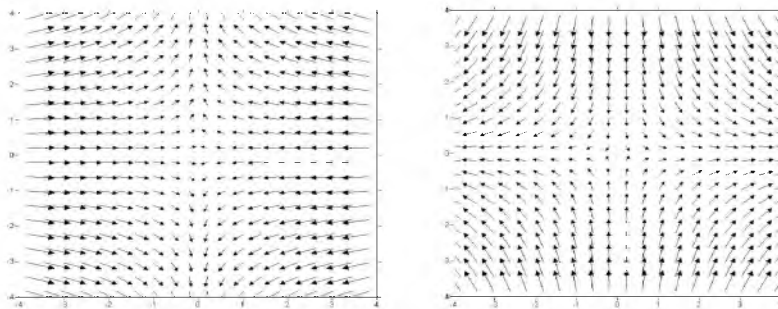


Рис. 2

На рисунке 2 приведены примеры возможных полей скорости жидкости в сечении $x=0$: разбухание (слева) и растекание (справа).

Построенные точные решения и проведенные расчеты позволяют изучить влияние касательных напряжений со стороны внешней газовой среды на динамику и теплообмен в жидкости.

Библиографический список

1. Pukhnachov V.V. Model of viscous layer deformation by thermocapillary forces // *European Journal of Applied Mathematics*. – 2002. 13 (2). – P. 205–224.
2. Пухначева Т.П. Численное решение задачи о деформировании вязкого слоя термокапиллярными силами // *Симметрия и дифференциальные уравнения* : Сб. науч. тр. Красноярск. – 2000. – С. 183–186.
3. Goncharova O.N., Kabov O.A. Deformation of a viscous heat conducting free liquid layer by the thermocapillary forces and tangential stresses: analytical and numerical modeling. *Microgravity Sci. Technol.*, 2010, DOI 10.1007/s12217-010-9191-z.