идея расщепления по физическим процессам [1]. Схема расщепления по физическим процессам является физически оправданной и обладает свойством устойчивости в линейном приближении. Расщепление на конвективный и диффузионный переносы проводится для уравнений конвекции Обербека-Буссинеска, записанных в физических переменных. На этапе диффузии осуществляется переход к переменным «ротор скорости – векторный потенциал скорости». Для его реализации разработан вариант метода прогонки с параметрами на основе конечно-разностной схемы второго порядка.

Методика проведения расщепления по физическим процессам позволяет построить новый эффективный параллельный алгоритм расчета трехмерных конвективных течений. Использование параллельного алгоритма и реализующих его программных средств позволят повысить точность численных экспериментов.

Библиографический список

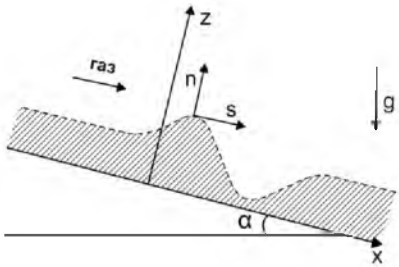
1. Воеводин А.Ф., Гончарова О.Н. Метод расщепления по физическим процессам для расчета задач конвекции // Вычисл. технологии. – 2009. – Т. 14, № 1. – С. 21–33.

УДК 532.5+519.6

Математическое моделирование конвективных течений жидкости с учетом испарения в приближении тонкого слоя

О.Н. Гончарова, Е.В. Резанова, Я.А. Тарасов
АлтГУ, г. Барнаул

Изучается течение тонкого слоя вязкой несжимаемой жидкости по наклонной, неравномерно нагреваемой подложке под действием сопутствующего потока газа с учетом испарения на границе раздела (рис.). Для построения новых математических моделей в рамках длинноволнового приближения используется система уравнений Обербека-Буссинеска, а также обобщенные кинематическое, динамиче-



ские и энергетическое условия на термокапиллярной границе раздела [1].

Отметим, что большое количество работ посвящено построению математических моделей, описывающих течения вязкой жидкости в приближении тонкого слоя, исследованию устойчивости решений, а также численному исследованию (см. Пухначёв и Копбосынов, 1983; Burelbach et al., 1988; Oron et al., 1997; Kabov et al., 2001; Frank and Kabov, 2006). При этом в работах (Oron et al., 1997; Miladinova, Slavchev and Legros, 2006; Shklyaev and Fried, 2007; Kabova et. al., 2012; Гончарова, Резанова и Тарасов, 2014) представлены математические модели испаряющихся пленок. В работах [2, 3] математические модели с учетом испарения построены на основе уравнений Навье-Стокса и переноса тепла.

В данной работе представлены результаты математического моделирования конвективных течений с испарением в приближении тонкого слоя на основе уравнений конвекции Обербека-Буссинеска. В случае умеренных чисел Рейнольдса (Re = O(1)) представлены подробно постановки задач для главных и первых членов разложений искомых функций по степеням малого параметра ε (ε – отношение поперечного и продольного масштабов длины). Главные члены разложений имеют следующий вид:

$$u^0 = z^4\left(\frac{A_x\gamma_2\cos\alpha}{24}\right) + z^3\left(\frac{(\Theta_0)_x\gamma_2\cos\alpha + A\gamma_1\sin\alpha}{6}\right) +$$
$$+ z^2\left(\frac{(C_0)_x + \Theta_0\gamma_1\sin\alpha}{2}\right) + zC_1,$$
$$w^0 = -z^5\left(\frac{A_{xx}\gamma_2\cos\alpha}{120}\right) - z^4\left(\frac{(\Theta_0)_{xx}\gamma_2\cos\alpha + A_x\gamma_1\sin\alpha}{24}\right) -$$
$$- z^3\left(\frac{(C_0)_{xx} + (\Theta_0)_x\gamma_1\sin\alpha}{6}\right) - z^2\frac{(C_1)_x}{2},$$
$$p^0 = \gamma_2\cos\alpha\left(\frac{Az^2}{2} + \Theta_0 z\right) + C_0,\ T^0 = A(x,t)z + \Theta_0(x,t),$$

В работе представлено эволюционное уравнение для определения толщины слоя h, учитывающее эффекты гравитации, капиллярности и термокапиллярности, вязкости и испарения. Если функция h известна, то при заданных A, Θ_0, определяющих граничный тепловой режим, вычисляются также и функции C_0, C_1, C_2. Представлены результаты

безразмерного анализа и значения характерных величин и других параметров задачи для жидкостей типа этанол, FC-72, HFE-7100.

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

Библиографический список

1. Гончарова О.Н. Моделирование течений в условиях тепло- и массопереноса на границе // Известия АлтГУ. – 2012. – №73 (1/2). – С. 12-18.

2. Гончарова О.Н., Резанова Е.В., Тарасов Я.А. Моделирование термокапиллярных течений в тонком слое жидкости с учетом испарения // Известия АлтГУ. – 2014. – №81 (1/1). – С. 47–52.

3. Гончарова О.Н., Резанова Е.В. Математическая модель течений тонкого слоя жидкости с учетом испарения на термокапиллярной границе раздела // Известия АлтГУ. – 2014. –№81 (1/2)(сдана в печать).

УДК 532.5+519.6

Численное моделирование вихревых структур в частично открытой прямоугольной кювете в условиях постоянных касательных напряжений на свободной границе

О.Н. Гончарова, А.С. Павлов, К.М. Соркин

АлтГУ, г. Барнаул

Численно исследуется динамика жидкости, заполняющей кювету с частично открытой (свободной) границей, подверженной действию газовой среды [1-4]. Интерес к подобным задачам объясняется необходимостью изучить структуру вихревых течений в кювете и ее особенности в зависимости от размера кюветы и от размера открытой части, а также от положения свободной границы и интенсивности касательных напряжений со стороны внешней среды. Отметим, что действующие на свободной границе касательные напряжения моделируются с помощью функции $\tau(x)$ [3], равной константе в представленных исследованиях. В качестве системы уравнений для описания изотермических течений вязкой несжимаемой жидкости примем систему уравнений Навье – Стокса. Пусть на твердых, непроницаемых, неподвижных границах выполняются условия прилипания, а на свободной границе,