

### Библиографический список

1. Goncharova O.N, Kabov O.A. Mathematical and numerical modeling of convection in a horizontal layer under co-current gas flow // *Int. J. of Heat and Mass Transfer*, 2010. – Vol. 53. – P. 2795–2807.
2. 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.
3. Гончарова О.Н., Южкова Ю.Е. Моделирование конвективного течения в наклонном слое с движущимися границами // *Известия АлтГУ*, 2010. – №1(65). – С. 22–29.
4. Андреев В.К., Гапоненко Ю.В., Гончарова О.Н., Пухначев В.В. *Современные математические модели конвекции*. – М.: Физматлит, 2008, 368 с.
5. Бирих Р.В. О термокапиллярной конвекции в горизонтальном слое жидкости // *ПМТФ*. 1966. №3. – С. 69–72.
6. Левич В.Г. *Физико-химическая гидродинамика*. – М.: Физматгиз, 1959, 700 с.
7. Остроумов Г.А. *Свободная конвекция в условиях внутренней задачи*. Москва-Ленинград: Гостехиздат, 1952. – 256 с.
8. Napolitano L.G. Plane Marangoni-Poiseuille flow of two immiscible fluids // *Acta Astronautica*. – 1980. –№2. – P. 461–478.

### Математическое моделирование и численное исследование динамики жидкой сферической оболочки

*О.Н. Гончарова, Е.В. Резанова, Ю.Е. Южкова*  
*АлтГУ, г. Барнаул*

В работе представлены результаты исследований динамики сферической жидкой оболочки (см. рис. 1), включающей в себя газовый пузырек, и процессов диффузии и теплопереноса в жидкости. Условия невесомости позволяют рассмотреть сферически симметричный процесс. Пусть движение возникает из заданного начального состояния, а газ, растворенный в жидкости, представляет собой пассивную добавку. Математическая модель для нахождения искомых функций (свободных границ  $R_1(t)$  и  $R_2(t)$ , радиальной скорости  $v(t,r)$ , температуры жидкости  $T(t,r)$  и концентрации примеси  $C(t,r)$ ) представляет собой начально-краевую задачу для системы уравнений Навье-Стокса, переноса тепла и диффузии [1, 2]. На границах сферического слоя должны быть выполнены кинематические и динамические условия, соотношение, определяющее баланс энергии на внутренней границе, условие

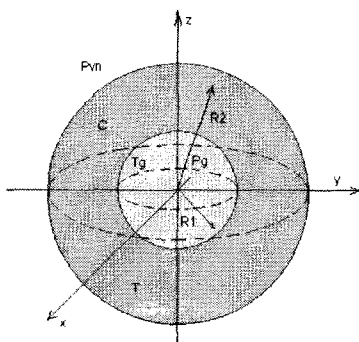


Рис. 1

теплообмена с внешней средой на внешней границе, а также условия, выражающие связь концентрации газа на границе области с давлением вне ее (закон Генри). Параметры газа заданы на внешней границе и должны определяться на внутренней границе. Предполагается, что процессы релаксации внутри пузырька протекают настолько быстро, что можно считать давление  $P_g$ , плотность  $\rho_g$  и абсолютную температуру  $T_g$  в газе функциями только времени, связанными уравнением

Менделеева-Клапейрона. Учитывается также зависимость всех коэффициентов переноса и множителя в законе Генри от температуры.

Численно исследуются две модели: квазиизотермическая модель [2, 3], когда диффузионные процессы считаются преобладающими, а температура всей системы равна температуре газа вне оболочки, и тепловая модель, когда именно процесс теплопереноса в оболочке, определяемый условиями теплообмена с внешней средой, считается основным процессом, определяющим динамику оболочки. Для численного решения уравнений переноса тепла и примеси строится неявная разностная схема второго порядка аппроксимации по пространственной переменной. Для нахождения значений внутреннего радиуса оболочки, скорости  $V(t)$  ( $v(t,r) = r^{-2} V(t)$ ) и плотности газа в пузырьке используется метод Рунге-Кутты четвертого порядка точности для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

В ходе проведения численных экспериментов были исследованы: зависимость динамики сферической оболочки и процесса диффузии в ней от внешнего давления, количества газа в пузырьке и температуры внешней среды; зависимость динамики сферической оболочки от характера граничного теплового режима на внешней границе. Расчеты проведены для жидкого стекла.

В работе представлены графики изменения радиуса газосодержащей оболочки при различных начальных значениях плотности газа в пузырьке и внешнего давления, а также распределение концентрации газа в жидкости, распределение температуры жидкости.

Работа выполнена в рамках проекта № 7.3975.2011 Алтайского государственного университета (поддержан Министерством образования и науки РФ), гранта РФФИ (проект 10-01-00007) и ФЦП «Научные и

научно-педагогические кадры инновационной России» (государственный контракт 14.740.11.0355).

### **Библиографический список**

1. Гончарова О.Н. Математическая модель формирования сферических микробаллонов в условиях кратковременной невесомости // Динамика сплошной среды. – Новосибирск: АН СССР Сиб. отд-ние. Ин-т гидродинамики, 1987. – Вып. 82. – С. 66–79.

2. Гончарова О.Н. Диффузионное приближение в задаче формирования сферических микробаллонов в условиях кратковременной невесомости // Моделирование в механике. – Новосибирск: АН СССР Сиб. отд-ние. Ин-т теоретической и прикладной механики, 1990. – Т. 4 (21), №5. – С. 83–95.

3. Резанова Е.В. Численное исследование динамики газосодержащей оболочки в условиях кратковременной невесомости // Материалы 50-й МНСК. Новосибирск, 13–19 апр. 2012 г. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2012. – С. 114.

## **О двух методах регуляризации линейной задачи томографического типа**

*А.Ш. Зайнуллин, М.С. Козаченко*

*ЮГУ, г. Ханты-Мансийск*

В работе исследуется линейная неоднородная система уравнений  $A \cdot X = B$  специального типа, коэффициенты матрицы  $A$  булевы  $A_{ij} = 0 \vee 1$ , столбец  $B$  содержит неотрицательные числа. Решение  $X$  ищется также неотрицательное. В общем случае такая система уравнений несовместима или неопределенна, поэтому применяют метод регуляризации для поиска приближенного решения.

Системы уравнений такого вида возникают при решении задач малоракурсной томографии [1, 2], в частности в обратных задачах геофизики. Будем называть такую систему линейной задачей томографического типа. Стандартный метод регуляризации основанный на методе Тихонова вычисления обратной матрицы Пенроуза-Мура не дал хороших результатов и был предложен более простой метод основанный методе последовательного исключения переменных. В данной работе сравниваются два алгоритма предложенного метода.