

6. Tokareva M.A. Solvability of in initial boundary value problem for the equations of filtration in poroelastic media // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – V. 722, №1. – P. 012037.

7. Ахмерова И.Г., Папин А.А., Токарева М.А. Математические модели механики неоднородных сред : учебное пособие. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2012. – Ч. 1.

8. Папин А.А., Разрешимость модельной задачи тепломассопереноса в тающем снеге // Прикладная механика и техническая физика. – 2008. – Т. 49, № 4(290). – С. 13–24.

9. Shishmarev K., Khabakhpasheva T., Korobkin A. The response of ice cover to a load moving along a frozen channel // Applied Ocean Research 59 (2016) 313–326.

10. Papin A. A., Sibin A.N. Model isothermal internal erosion of soil // J. Phys.: Conf. Ser. Volume 722, conference 1. – 2016. – P. 1–8.

11. Папин А.А., Сибин А.Н. Автомодельное решение задачи поршневого вытеснения жидкостей в пороупругой среде // Известия АлтГУ. – 2016. – №1(89). – С. 152–156.

532.5, 519.63

### **Численное моделирование процесса формирования жидкого сферического микробаллона, содержащего пузырек газа**

*А.В. Закурдаева, Е.В. Резанова*

*АлтГУ, г. Барнаул*

В настоящее время в связи с разработкой новых материалов, содержащих в своей структуре так называемые микробаллоны, актуальность приобрела задача математического моделирования течений в сферических жидких слоях, содержащих пузырьки газа.

В данной работе проводится численное моделирование динамики жидкой оболочки, заключающей в себе пузырек газа. Этот же газ растворен в жидкости в качестве пассивной добавки [1–3]. Задача рассматривается в сферической симметричной постановке ввиду предположения об условиях кратковременной невесомости процесса. Таким образом, все определяемые в ходе решения физические величины зависят от времени и радиальной координаты. Коэффициенты кинематической вязкости, поверхностного натяжения, диффузии, температуропроводности и коэффициент в законе Генри зависят от температуры.

Математическое моделирование физических процессов в жидком слое основано на уравнениях Навье-Стокса, переноса тепла и диффу-

зии. Внутри газового пузырька функции удовлетворяют уравнению состояния идеального газа. На внутренней и внешней движущихся границах жидкого слоя выполняются кинематическое и динамические условия и закон Генри. Также на внутренней границе заданы условия непрерывности температуры и баланса энергии, а на внешней – условие теплообмена с внешней средой первого, второго или третьего рода.

Для численного решения задачи осуществляется переход в лагранжеву систему координат (в фиксированную область). Положение внутренней границы жидкого слоя, плотности газа в пузырьке и скорости изменения объема оболочки определяется с помощью метода Рунге-Кутты четвертого порядка точности. Распределение температуры и концентрации газа в жидкости вычисляются с помощью неявных конечно-разностных схем второго порядка аппроксимации [2, 4, 5].

С помощью предложенного численного алгоритма исследуется влияние различных внешних факторов таких, как нагрев внешней среды внешнее давление и количество газа внутри пузырька, на формирование сферических микробаллонов. Проведено сравнение результатов исследования полученных при решении задачи в квазиизотермической, тепловой и полной постановках.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 17-08-00291).*

### **Библиографический список**

1. Гончарова О.Н. Математическая модель формирования сферических оболочек в условиях кратковременной невесомости // Динамика сплошной среды. СО АН СССР, Институт Гидродинамики –1987. – №82. – С. 66–79.

2. Гончарова О.Н., Пухначев В.В. Диффузионное приближение в задаче формирования сферических микробаллонов в условиях кратковременной невесомости // Моделирование в механике. Институт гидродинамики СО АН СССР. – 1990. – №5. – С. 83–95.

3. Гончарова О.Н. Глобальная разрешимость задачи о формировании сферических микробаллонов // Динамика сплошной среды. Институт гидродинамики СО АН СССР. –1993. – №106. – С. 36–48.

4. Резанова Е.В. Численное исследование динамики сферической газосодержащей оболочки // Известия АлтГУ. – 2013. – №1/2(77) – С. 42–47.

5. Закурдаева А.В., Резанова Е.В. Численное исследование влияния давления внешней среды на динамику жидкой сферической оболочки // Омский научный вестник. – 2015 – №3(143) – С. 312–315.