

Грант РФФИ №14-01-31038 «Исследование нелинейных режимов теплообмена и их устойчивости в бинарных смесях»

Руководитель: к.ф.-м.н. Степанова И.В.

Рассмотрены одномерные уравнения теплопереноса без учета конвекции с коэффициентами переноса, зависящими от температуры и концентрации:

$$\frac{d}{dz} \left(\kappa(T, C) \frac{dT}{dz} \right) = 0, \quad \frac{d}{dz} \left(D(T, C) \frac{dC}{dz} + C(1-C) D_T(T, C) \frac{dT}{dz} \right) = 0, \quad (1)$$

где κ, D, D_T – коэффициенты теплопроводности, диффузии и термодиффузии соответственно предполагаются зависящими от температуры T и концентрации легкого компонента C .

Исследован процесс теплообмена в слое между твердыми стенками $z=0$ и $z=L$, на которых задана температура T_1 и T_2 соответственно; кроме того, задается условие отсутствия потока вещества через твердые стенки и известна средняя концентрация в слое. Как правило, именно такая конфигурация применяется в современных установках по измерению коэффициента термодиффузии. При произвольных зависимостях коэффициентов переноса от параметров состояния возможно только численное интегрирование уравнений (1) с перечисленными граничными условиями. В работе предложен общий подход к решению поставленной задачи, связанный с заменой ролей зависимых и независимых переменных, а также заданием искусственного начального условия с целью определения решения, удовлетворяющего условию сохранения концентрации. Показано, что для некоторых конкретных бинарных смесей можно получить аналитическое решение, которое позволяет определить доминирующую роль физических параметров, а также прогнозировать результаты эксперимента по измерению коэффициента термодиффузии. На рисунке 1 показаны зависимости концентрации двух смесей в зависимости от градиента температуры.

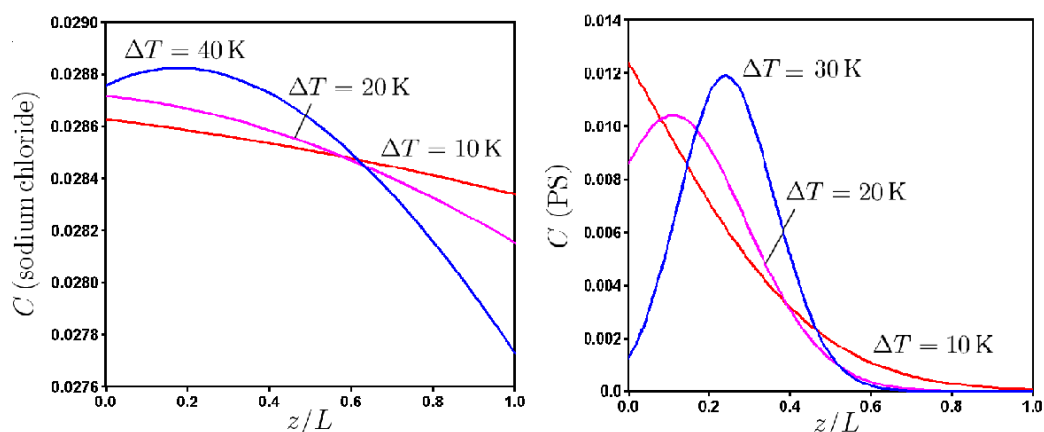


Рис. 1 Распределение концентрации соли в морской воде (слева) и частиц полистирола в пресной воде (справа)

Следует заметить, что для обеих смесей при небольших градиентах температуры (10 К, красные линии на рисунке 1) функция концентрации остается монотонной, концентрация тяжелого компонента больше у менее нагретой стенки, т.е. коэффициент термодиффузии положительный. Для больших градиентов температуры (синяя и розовая линии на рис. 1), функция концентрации теряет свойство монотонности, поскольку такие разности температур захватывают область смены знака коэффициента термодиффузии. Происходит перераспределение концентрации тяжелого компонента, и максимальное ее

значение достигается ближе к середине слоя. Необходимо также упомянуть, что для рассматриваемых смесей концентрация меняется достаточно слабо: на 0,14 % для солей в морской воде и на 1,4 % для частиц полистирола. Поэтому здесь учитывалась только температурная зависимость коэффициентов диффузии и термодиффузии, коэффициент теплопроводности полагался постоянным.

В работе также предложена процедура получения параметра термодиффузии из имеющихся значений температуры и концентрации для конкретной смеси в заданных сечениях слоя, что весьма полезно в связи с трудоемкостью и высокой стоимостью проведения экспериментов по измерению упомянутого коэффициента.

Публикации:

1. *Stepanova I. V.* Symmetry analysis of nonlinear heat and mass transfer equations under Soret effect // Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat., 2014 (принята в печать).
2. *Ryzhkov I. I., Stepanova I. V.* On thermal diffusion separation in binary mixtures with variable transport coefficients // Eur. Phys. J. E, 2014 (направлена в печать).
3. *Рыжков И. И., Степанова И. В.* О термодиффузионном разделении бинарных смесей с переменными коэффициентами переноса // Тез. докл. VIII Всерос. школы с международным участием «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики». Новосибирск, 2014. С. (пока неизвестны страницы)
4. *Ryzhkov I., Stepanova I.* On thermal diffusion separation in binary mixtures with variable transport coefficients // Abstracts of 11th International Meeting on Thermodiffusion. Bayonne, France, 2014. P. 85.
5. *Stepanova I.* Lie symmetry analysis and exact solutions of thermodiffusion equations // Book of Abstracts of the 30th International Colloquium on Group Theoretical Methods in Physics. Ghent, Belgium, 2014. P. 164.
6. *Степанова И. В.* Групповые свойства и точные решения уравнений тепломассопереноса // Тез. докл. Всерос. конф. «Новые математические модели механики сплошных сред: построение и изучение. Новосибирск, 2014. С. 133.